
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06275540 4





Der Civilingenieur.

Neue Folge. Fünfzehnter Band.

Der

Civilingenieur.

Zeitschrift für das Ingenieurwesen.

Unter besonderer Mitwirkung von

Dr. **Julius Weisbach**,
K. S. Oberbergrath, Prof. a. d. Bergakademie zu Freiberg,
Mitglied d. K. Russ. Akademie der Wiss. zu St. Petersburg,

Dr. **Gustav Zeuner**,
Professor am eidgenössischen Polytechnikum
zu Zürich,

B. Tauberth,
Betriebsoberinspector an den K. S. Staatseisenbahnen
zu Zwickau,

A. Hallbauer,
K. S. Finanzrath zu Dresden,

und

F. Nowotny,
Directionsrath bei den K. S. Staatseisenbahnen zu Dresden,

herausgegeben

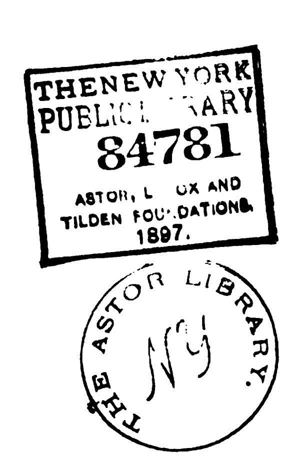
von

K. R. Bornemann,
Kunstmeister zu Freiberg.

Neue Folge. Fünfzehnter Band.

Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten und 31 Tafeln Abbildungen.

Leipzig,
Verlag von Arthur Felix.
1869.



Inhaltsverzeichniß des fünfzehnten Bandes.

I. Sachregister.

[Die Zahlen zeigen die Seitenzahlen an; (m. A.) bedeutet mit Abbildungen auf den lithographirten Tafeln; — (m. H.) mit eingedruckten Holzschnitten.]

II. Namenregister.

III. Register über die Abbildungen.

Berechnung und Construction eines einfachen Watt'schen Regulators.

Von

H. Studt, Ingenieur in Cöln.

(Hierzu Fig. 1 bis 18 auf Tafel 1 und 2.)

Die einfachste Form des Watt'schen Pendelregulators, deren bewegliche Theile sich auf die beiden Kugelhebel und das Gleitstück reduciren, fand seiner Zeit bei den calorischen Maschinen ausgedehnte Verwendung und wird auch neuerdings häufig besonders für Locomobilen benutzt. Dieser Regulator bietet bei seiner Einfachheit Eigenschaften, die ihn zur allgemeineren Verwendung befähigen. Zur Beurtheilung desselben soll nun in Folgendem auf mechanischem Wege ermittelt werden, in welchem Zusammenhang Dimensionen und Tourenzahl eines solchen Regulators mit seiner Fähigkeit, zu reguliren, stehen. Die erste und oft einzige Berechnungsart hat zunächst das Verhältniß zwischen Kugelgröße und den das Gleitstück belastenden Organen festzustellen, welches stattfinden muß, damit der Regulator bei einer bestimmten Normalgeschwindigkeit im Gleichgewicht sei, in welcher also seine Kugeln schweben. Die gesuchte Function ermittelt sich wie folgt.

Zusammenhang von Kugelgewicht und Gleitstückbelastung.

Jede der Kugeln wird im Beharrungszustand sein, d. h. sie wird kein Bestreben der Veränderung ihrer Lage haben, sobald die Resultante aus den zwei auf sie wirkenden Kräften, der Centrifugalkraft C und dem Eigengewicht $\left(G - G_1 \frac{a}{b}\right)$ — rückwärts verlängert durch den Aufhängepunkt E geht, Fig. 15 auf Tafel 2, oder statisch gefaßt, sobald das Moment der Resultante aller auf eine Kugel wirkenden Kräfte $= 0$ ist. Diese Bedingung erfüllt sich, wenn $\frac{\text{Schwerkraft}}{\text{Centrifugalkraft}} = \frac{c}{b}$. Nun ist die Centrifugalkraft $C = \frac{M v^2}{a+b}$, worin M die mit einer Geschwindigkeit v rotirende Masse bedeutet. Diese Masse durch das Gewicht G ersetzt, giebt:

$$C = \frac{G v^2}{g (a+b)}, \text{ oder da}$$

$$\frac{2 (a+b) \pi n}{60} = v = (a+b) n \frac{\pi}{30},$$

$$C = \left(\frac{1}{g}\left(\frac{\pi}{30}\right)^2\right)(a+b)\, G n^2 = \frac{(a+b)\, G n^2}{903000}.$$

Der zweite Component, die Schwerkraft, im Kugelmittelpunkt vertical abwärts wirkend, ist

$$G - G_1 \frac{a}{b},$$

und erfüllt sich die obige Bedingung durch:

$$\frac{\left(G - G_1 \frac{a}{b}\right)}{\frac{(a+b)\, G n^2}{903000}} = \frac{c}{b}, \text{ woraus schließlich}$$

$$\text{(I)} \quad \frac{G_1}{G} = \frac{b}{a}\left(1 - \frac{n^2 c}{903000}\right) - \frac{n^2 c}{903000}.$$

Diese Formel giebt für bestimmte Regulatordimensionen das erforderliche Kugelgewicht. Die Resultate derselben enthält umstehende Tabelle I.

Zusammenhang der Dimensionen des Regulators mit seiner Empfindlichkeit.

Die Consequenzen dieser Tabelle weiter unten betrachtend wird es sich ferner darum handeln, einen nach Maaßgabe der oben aufgestellten Formeln abbalancirten Regulator in Beziehung auf seine Empfindlichkeit zu untersuchen. In dieser Beziehung läßt sich der Grundsatz aufstellen: Der Regulator genügt der verlangten Empfindlichkeit, sobald

Tabelle I

für die Relation zwischen Kugelgewicht G und der Belastung der Gleithülse G_1, berechnet nach Formel:

$$\frac{G_1}{G} = \frac{b}{a}\left(1 - \frac{n^2 c}{903000}\right) - \frac{n^2 c}{903000}.$$

für $\frac{b}{a} =$	Werthe von $n^2 c$ (c in Millimetern)																	
	50000	100000	150000	200000	250000	300000	600000	900000	1200000	1500000	1800000	2100000	2400000	2700000	3000000	3300000	3600000	3900000
	entsprechende Werthe von $\frac{G_1}{G} =$																	
0,5	0,41	0 33	0,25	0,19	0,08	0,00	0,49	0,99	1,50	2,00	2,49	2,98	3,50	3,98	4,50	5,00	5,50	5,97
0,6	0,51	0,42	0,33	0,25	0,16	0,07	0,46	0,99	1,53	2,05	2,58	3,12	3,66	4,18	4,73	5,24	5,79	6,30
0,7	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,14	0,42	0,99	1,56	2,12	2,68	3,25	3,82	4,38	4,96	5,52	6,08	6,62
0,8	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,21	0,38	0,99	1,59	2,18	2,78	3,38	3,98	4,58	5,19	5,76	6,37	6,97
0,9	0,79	0,69	0,58	0,48	0,37	0,27	0,35	0,99	1,63	2,25	2,88	3,51	4,14	4,78	5,42	6,02	6,67	7,30
1	0,89	0,78	0,67	0,56	0,45	0,34	0,32	0,98	1,66	2,31	2,97	3,64	4,31	4,98	5,65	6,29	6,96	7.60
1,1	0,98	0,87	0,75	0,64	0,52	0,41	0,28	0,98	1,69	2,39	3,06	3,76	4,48	5,18	5,88	6,56	7,31	7,95
1,2	1,08	0,96	0,83	0,71	0,59	0,48	0,25	0,98	1,73	2,45	3,16	3,90	4,64	5,38	6,11	6,82	7,56	8,30
1,3	1,17	1,04	0,92	0,79	0,66	0,54	0,22	0,98	1,76	2,52	3,26	4,04	4,82	5,58	6,35	7,09	7,86	8,62
1,4	1,27	1,13	1,00	0,87	0,73	0,61	0,18	0,98	1,79	2,58	3,36	4,18	4,99	5,78	6,58	7,35	8,16	8,96
1,5	1,36	1,22	1,08	0 95	0,81	0,68	0,15	0,98	1,81	2,65	3,46	4,30	5,15	5,98	6,79	7,62	8,46	9,28
	. . . . . positiv						. . . . negativ											

eine Aenderung unter oder über der Normalgeschwindigkeit, welche dieser Empfindlichkeit entspricht, die Centrifugalkraft so verändert, daß sie eben zur Ueberwindung des Reibungswiderstandes des Gleitstückes hinreicht (Fig. 16). Entsprechen den 3 Stellungen von der Normalstellung auf- und abwärts die Umfangsgeschwindigkeiten und Centrifugalkräfte v_1, v, v_2, C_1, C, C_2, und ist der Reibungswiderstand des Gleitstückes, welcher auf eine Kugel kommt, $= F$, so muß, wenn der Regulator nach der Veränderung seiner Geschwindigkeit sich aus der Normalstellung in eine der beiden äußeren Lagen begeben soll, zum mindesten sein:

$$(C_1 - C)\,c = F a$$
$$(C - C_2)\,c = F a$$
$$C_1 c - C c + C c - C_2 c = 2 F a, \quad c\,(C_1 - C_2) = 2 F a,$$

oder nach Substitution der Masse M:

$$\frac{M v_1^2}{a+b} - \frac{M v_2^2}{a+b} = 2 F \frac{a}{c},$$

$$v_1^2 - v_2^2 = 2 F \frac{a}{c} \frac{a+b}{M}.$$

Führen wir statt der von v auf v_1, resp. v_2 veränderten Umfangsgeschwindigkeit den Begriff „Empfindlichkeit" ein. Dieselbe definirt sich als der Bruch, welcher den Theil der Normalgeschwindigkeit angiebt, um welchen sich diese ändern muß, damit die Kugeln aus ihrer Lage gehen, also auf das Stellzeug einwirken. Nennen wir die Empfindlichkeit δ, so ist demnach

$$v_1 = v + v\delta \qquad v_1^2 = v^2(1 + 2\delta + \delta^2)$$
$$v_2 = v - v\delta \qquad v_2^2 = v^2(1 - 2\delta + \delta^2)$$
$$v_1^2 - v_2^2 = 4 v^2 \delta,$$

oder die Tourenzahl n einführend:

$$4 v^2 \delta = 4\left((a+b)\frac{\pi n}{30}\right)^2 \delta = v_1^2 - v_2^2,$$

woraus dann

$$\text{(II)} \qquad G = \frac{450000}{\frac{\delta}{F} c n^2 \left(1 + \frac{b}{a}\right)}$$

$$\text{und } \delta = \frac{450000}{G c n^2 \left(1 + \frac{b}{a}\right)} F$$

folgt, wonach Tabelle II berechnet ist.

Gang der Berechnung des Regulators.

Die Formeln I und II setzen uns in den Stand, einen solchen Regulator vollständig zu berechnen. Der dabei zu verfolgende Gang wäre dabei für's Erste der, daß

Tabelle II

für den Zusammenhang zwischen Kugelgewicht G und der Empfindlichkeit δ des Regulators, berechnet nach Formel:

$$G = \frac{450000}{\frac{\delta}{F} n c^2 \left(1 + \frac{b}{a}\right)}.$$

Werthe des Ausdruckes: $n^2 c\left(1+\frac{b}{a}\right)$	Werthe von $\frac{\text{Empfindlichkeit } \delta}{\text{halber Gleitwiderstand F}}$												
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	entsprechendes Kugelgewicht G in Kilogrammen.												
1500000												2,14	2,00
2000000								2,25	2,05	1,88	1,73	1,61	1,57
2500000							2,00	1,80	1,64	1,50	1,38	1,28	1,20
3000000						1,88	1,65	1,50	1,36	1,25	1,15	1,07	1
3500000				2,14	1,83	1,60	1,42	1,28	1,16	1,06	0,99	0,91	0,85
4000000				1,88	1,61	1,41	1,25	1,13	1,03	0,94	0,87	0,81	0,75
4500000			2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00	0,91	0,83	0,77	0,71	0,67
5000000			1,80	1,50	1,28	1,12	1,00	0,90	0,82	0,75	0,69	0,64	0,60
5500000		2,04	1,64	1,37	1,17	1,02	0,91	0,82	0,75	0,68	0,63	0,58	0,55
6000000		1,88	1,50	1,25	1,07	0,94	0,83	0,75	0,68	0,62	0,58	0,54	0,50
6500000		1,72	1,38	1,15	0,99	0,86	0,76	0,69	0,63	0,57	0,53	0,49	0 46
7000000		1,60	1,28	1,07	0,91	0,80	0,71	0,64	0,58	0,53	0,49	0,46	0 43
7500000	2,00	1,50	1,20	1,00	0,86	0,75	0,67	0,60	0,54	0,50	0,46	0,43	0,40
8000000	1,88	1,41	1,13	0,93	0,81	0,71	0,63	0,56	0,51	0,47	0,43	0,40	0,37
8500000	1,77	1,32	1,06	0,88	0,76	0,66	0,59	0,53	0,48	0,44	0,41	0,38	0,35
9000000	1,68	1,25	1,00	0,83	0,71	0,63	0,56	0,50	0,46	0,42	0,38	0,36	0,33
9500000	1,58	1,19	0,95	0,79	0,68	0,59	0,53	0,48	9,43	0,40	0,37	0,34	0,31
10000000	1,50	1,12	0,90	0,75	0,64	0,56	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30

man die Umdrehungszahl (n) und die Verticalentfernung (c) des Kugelmittels vom Aufhängepunkt, sowie endlich das Verhältniß der Horizontalentfernungen

$$\frac{\text{Kugelmitte bis Aufhängepunkt}}{\text{Aufhängepunkt bis Drehaxe}} = \frac{b}{a}$$

annimmt, und aus diesen dann nach Tabelle I das Verhältniß des halben Gewichtes des Gleitstückes zum Kugelgewicht $\left(\frac{G_1}{G}\right)$ entnimmt. Da in den meisten Fällen eine Correction G_1 mittels angebrachter Gewichte zulässig ist, so kann man jedoch von der Einhaltung dieses Quotienten vorläufig absehen, um die Dimensionen nur in Rücksicht auf die gewünschte Empfindlichkeit zu wählen. Der Bau der Formel II zeigt, von welchem Einfluß dabei die verschiedenen Dimensionen sind. Die folgenden Zahlenbeispiele werden hierüber Aufschluß geben.

Beispiel 1. Es sei $n = 77{,}5$ Touren pr. Min.,
$c = 50$ Millimeter,
$\frac{b}{a} = 1$,
der halbe Gleitwiderstand $F = 0{,}3$ Kilogramm,
das Kugelgewicht $G = 1{,}5$ „

so bestimmt sich aus Tabelle I $\frac{G_1}{G} = 0{,}34$ und

$$G_1 = 0{,}34 . 1{,}5 = 0{,}51 \text{ Kilogr.},$$

die erlangte Empfindlichkeit beträgt aber nach der Formel II nur:

$$\delta = \frac{450000 . 0{,}3}{1{,}5 . 50 . 77^2{,}5 . 2} = \frac{1}{6{,}7}.$$

Beispiel 2. Gehen wir dagegen unter Beibehaltung der übrigen Größen mit c auf 100 und mit n auf 100 Touren, so wird

$\frac{G_1}{G} = -1{,}216 \quad G_1 = -1{,}82$ Kilogr.

und die Empfindlichkeit $\delta = \frac{1}{22{,}2}$.

Beispiel 3. Die Erhöhung der Tourenzahl von 100 auf 150 hat ferner ein sehr rapides Wachsen der Empfindlichkeit zur Folge, denn diese steigt dadurch auf

$$\delta = \frac{1}{50},$$

während allerdings das negative Gegengewicht aus

$\frac{G_1}{G} = -3{,}96$ folgt, also $G_1 = -5{,}97$ Kilogr. größer wird.

Beispiel 4. Um endlich dieselbe Empfindlichkeit von $\frac{1}{50}$ unter Beibehaltung der 100 Touren von Beispiel 3) zu erreichen, ist c und $\frac{b}{a}$ geeignet zu vergrößern und zwar c von 100 auf 150 und $\frac{b}{a}$ von 1 auf 2. Gleichzeitig normirt sich dann $\frac{G_1}{G}$ auf $-2{,}98$, also G_1 auf $-4{,}48$ Kil.

Für höhere Tourenzahl wird es leicht, das Kugelgewicht klein zu machen. Für Beispiel 3) bei 1,5 Kilogr. Kugelgewicht und 150 Touren ist für die nämliche Empfindlichkeit

200 Touren und 0,844 Kilogr. Kugelgewicht oder
250 „ „ 0,540 „ „

zu setzen. Der Quotient $\frac{G_1}{G}$ wird dabei im negativen Sinne ebenfalls wachsen, also das erforderliche Gegengewicht größer werden: man erkennt die Richtigkeit des Grundsatzes, der bei den Porter'schen Regulatoren schon lange seine Ausführung gefunden hat: Thunlichste Wahl einer hohen Tourenzahl, eines kleinen Kugelgewichtes und starken Gegengewichtes der Gleithülse. Die mit der Einfachheit des vorliegenden Regulators zusammenhängende Eigenschaft, beim Heben der Kugeln das Gleitstück zu senken, ist der Grund des Negativwerdens des Quotienten $\frac{G_1}{G}$, dem ja genügt wird, wenn G_1 negativ wird, d. h. wenn das Gleitstück einen Impuls nach oben erhält. Diese Eigenschaft ist als ein Nachtheil des Regulators zu bezeichnen, der im Allgemeinen ohne Hebel- oder Spiralfeder-combination nicht zu compensiren ist. In den meisten Fällen ist jedoch wegen Umsetzung der Bewegung zur Drosselklappe ein Hebel ohnedem erforderlich, an welchem im einen oder andern Sinne das Gegengewicht G_1 erzeugt werden kann. Bei manchen Maschinen, besonders von geringerer Stärke, erhalten dagegen die Ueberträger durchaus kein Zwischenglied, so daß G_1 nicht negativ werden darf, ebensowenig wie bei einer indirecten Uebertragung, die bei dem vorliegenden statischen Regulator häufig angewendet werden wird. In einem solchen Falle wird das Uebel der geringeren Empfindlichkeit dadurch reducirt, daß wir $\frac{b}{a}$, n und c das Maximum erreichen lassen, bei welchem $\frac{G_1}{G}$ noch positiv bleibt. Dieses Maximum liegt nach Tabelle I ungefähr bei $n^2 c = 300000$, oder wenn für

c =	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100 Millimeter,
n =	100	92,5	86,4	81,6	77,5	73,8	70,7	68	65,5	63,2	61,3	59,5	57,5	56,1	54,8 Touren.

$\frac{b}{a}$ erhält dabei je nach der gewählten Construction den höchsten zulässigen Werth, der nach dem gewünschten Hub des Gleitstückes zu bemessen ist. Für diesen Werth von $n^2 c = 300000$ ergeben sich folgende Resultate:

Gewicht einer Kugel (G) Kilogr.:	5,5	7,9	3	4	3	4	3	4	5
Halber Widerstand des Gleitstückes (F) Kilogr.:	0,5	0,2	0,2	0,2	0 2	0,2	0,2	0,2	0,2
Verhältniß $\frac{b}{a}$ „ „ „ „	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2
Erreichte Empfindlichkeit:	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{39{,}5}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{26{,}8}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{33{,}3}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{50}$

Das Resultat ist für die geringe Tourenzahl, die zulässig ist, ein günstiges zu nennen, da es möglich wird, ohne allzu abnorme Gewichte der Kugeln eine gute Empfindlichkeit zu erreichen, vorausgesetzt, daß die Bewegungswiderstände 2F nicht allzu groß werden, also nur für kleine und mittlere Verhältnisse.

Ist der Regulator von dem Punkt, an welchem er regulirend einwirken soll, entfernt, so sind, — von indirecter Uebertragung abgesehen, die stets in die oben behandelte Kategorie rangiren wird — auf jeden Fall hebelähnliche Zwischenglieder vorhanden. Wie erwähnt ist dann das Negativwerden von G_1 leicht erreicht. Obgleich dabei wegen des complicirteren Mechanismus die Bewegungswiderstände, durch F repräsentirt, größer werden, so ist es doch in diesem Fall leicht möglich, die Empfindlichkeit sehr hoch zu treiben.

Tabelle I giebt als Maximum von n^2c den Werth 3900000 an, dessen Ergebnisse im Allgemeinen der leistungsfähigsten Construction entsprechen werden. Aus diesem Werth $n^2c = 3900000$ berechnet sich für:

c =	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	Millimeter,
n =	361	334	312	295	279	267	255	245	236	228	221	214	208	203	198	Touren.

Bis zu welcher Größe die Empfindlichkeit gesteigert werden kann, wenn diese Zahlen zu Grunde gelegt werden, zeigt folgende Zusammenstellung:

Für $n^2c = 3900000$ und das Verhältniß

$$\frac{\text{halber Gleitwiderstand}}{\text{Gewicht einer Kugel}} = \frac{F}{G} \text{ von}$$

$\frac{b}{a} =$	0,5	0,2
	wird die erreichte Empfindlichkeit $\delta =$	
0,5	$\frac{1}{26}$	$\frac{1}{65}$
1	$\frac{1}{34{,}6}$	$\frac{1}{86{,}8}$
1,5	$\frac{1}{43{,}4}$	$\frac{1}{108}$,

wobei diese Werthe nur als die Extreme betrachtet werden dürfen, da es in Wirklichkeit unnütz wäre, Regulatoren mit solcher Genauigkeit zu begaben. Sie beweisen aber, daß z. B. Empfindlichkeiten wie $\frac{1}{40}$ tel noch als gewöhnliche Mittelwerthe zu erreichen sein werden. Von einer solchen Empfindlichkeit, wie sie z. B. bei Dampfmaschinen genügt, ausgehend, berechnet sich, wieder $n^2c = 3900000$ angenommen, folgende Tabelle:

Für die Empfindlichkeit $\delta = \frac{1}{40}$ und

$\frac{b}{a} =$	$\frac{F}{G} =$	oder für F =	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	Kilogr.	und $\frac{G_1}{G} =$
0,5	0,326	wird G =	0,31	0,46	0,62	0,77	0,92	1,08	1,23	„	— 5,97
1	0,434	G =	0,23	0,35	0,46	0,58	0,69	0,81	0,92	„	— 7,62
1,5	0,543	G =	0,18	0,28	0,37	0,46	0,55	0,65	0,74	„	— 9,28.

Die ausgerechneten Werthe erlauben nunmehr einen genauen Ueberblick über die sämmtlichen Dimensionen des Regulators. Für mittlere Verhältnisse ist beispielsweise die Anordnung in Fig. 18, Tafel 1, brauchbar. Alle Größen sind in absoluten Zahlen ausgedrückt, ausgenommen b und a, deren Verhältniß (hier = 1) feststeht. Die wirkliche Größe derselben wird zugleich mit der verlangten Hubhöhe des Gleitstückes zusammen zu wählen sein.

Der betrachtete Regulator hat neuerlich an den Gaskraftmaschinen von Otto & Langen in Cöln ausgedehnte Verwendung gefunden. Seine Construction zeigt Fig. 1. Das Gleitstück ist mit der nicht drehbaren Stange durch eine Hülse verbunden, welche auf ihr drehbar, aber nicht in der Längenrichtung verschiebbar ist. Verschiedene Constructionen dieses Details zeigen Fig. 3, 4, 7, die sämmtlich bei sorgfältiger Ausführung bewährt sind. Die Stange ist mit ihrem unteren Ende in ein messingenes Ventilkölbchen eingeschraubt, welches in eine cylindrische Hülse eingeschliffen ist. Der Regulator wirkt hier, indem er durch Verengung oder Erweiterung des Abblasecanales aus dem Cylinder die zum Sinken des Kolbens erforderliche Zeit verlängert oder verkürzt, und damit die Zahl der Kolbenhübe normirt. Die Abbalancirung geschieht auf einfache Weise durch eine um das untere Stangenende gestreifte Spiralfeder. Dieselbe lehnt sich unten auf den Rand des Regulirventiles und kann am oberen Ende mit zwei auf der Stange befindlichen Schraubenmuttern beliebig gespannt werden. Die Bewegungswiderstände dieses Regulators sind sehr gering; sie setzen sich aus den Reibungen der beiden Zapfen, des Angriffspunktes der Hebelenden an das Gleitstück, und aus der Reibung des Kölbchens zusammen. Das letztere braucht nicht genau zu dichten, und so ermittelt sich denn der Gesammtwiderstand zu nur 0,2 Kilogr. pro Kugel, also F = 0,1 Kilogr., woraus nach II die Empfindlichkeit dieses Regulators sich stellt auf

$$\delta = \frac{F}{G} \frac{450000}{n^2 c \left(1 + \frac{b}{a}\right)} = \frac{0{,}1}{0{,}791} \frac{450000}{140^2 . 46 \left(1 + \frac{45}{55}\right)} = \frac{1}{29}.$$

Bei 65 Touren der Schwungradwelle beginnt derselbe also seine Wirksamkeit, sobald sich diese Tourenzahl um

$$\frac{85}{29} = 2{,}94 \text{ oder } 3 \text{ Touren}$$

vermehrt oder vermindert, also auf 82, resp. 88 Touren verändert. Diese Empfindlichkeit ist gering, genügt aber für die Fälle, unter denen die Gaskraftmaschinen hauptsächlich Verwendung finden, nämlich in der Kleinindustrie, vollkommen. Für Zwecke, in denen eine höhere Genauigkeit wünschenswerth ist, läßt sich übrigens durch Einsetzen schwererer Kugeln bei gleichzeitiger Aenderung des Gegengewichtes abhelfen.

Der vorangegangene Calcül liefert den Beweis, daß der vorstehende Regulator trotz seiner Einfachheit durch passende Wahl seiner Dimensionen mit einer meist genügenden Empfindlichkeit begabt werden kann. Die Empfindlichkeit ist den Bewegungswiderständen umgekehrt proportional, und diese letzteren sind klein wegen der geringen Anzahl und Größe der bewegten Theile. Die Dicke der stählernen Zäpfchen für die Kugelhebel, sowie für alle weiteren etwa im Uebertragungsmechanismus nöthig werdenden Gelenke braucht 2 Millimeter nicht zu überschreiten. Die Verluste an den Angriffspunkten der Kugelhebel an das Gleitstück sind durch passende Abrundungen und durch Härtung der gleitenden Theile minim zu machen. Die letztere Art der Reibung ist übrigens durch Anordnung von zwei federartigen Schubstangen zu umgehen, eine Construction, wie sie mit vielem Vortheil bei den isochronischen Regulatoren von Davy & Davey*) angewandt worden ist. Eine Combination des besprochenen Regulators mit einer solchen Verbesserung zeigt Fig. 7, 8, 9, 10. Die Federn haben die Dicke eines starken Sägeblattes und sind bei passender Härtung leicht so zu ajustiren, daß sie den Druck in der Längsrichtung ohne Durchbiegung ertragen, ohne ihre federartige Beweglichkeit einzubüßen. Das Kugelgewicht dieses Regulators beträgt $G = 0{,}920$ Kil.; ferner ist nach obigen Bezeichnungen $a = 60$, $b = 60$, $c = 60$ Millim., die Tourenzahl n der Regulatorwelle ist 225, die der Riemenscheibe 112,5. Unter Annahme eines Totalbewegungswiderstandes des Uebertragungsmechanismus von 0,6 Kilogr., oder pro Kugel von 0,3 Kilogr., wird dieser Regulator die Empfindlichkeit von 1:41 besitzen. Unter Absehung vom Eigengewicht der Stange wird ein aufwärtswirkender Druck von $G_1 = 5{,}28$ Kilogr. bei 225 Touren beide Kugeln schweben machen. Ist das Stellzeug schwer beweglich und die Annahme von $F = 0{,}3$ Kilogr. also zu gering, so läßt sich die erwähnte Empfindlichkeit dessen ungeachtet mit dem nämlichen Regulator erreichen, wenn man die Riemenscheibe verkleinert, sie also mehr Touren machen läßt. Das neue Gegengewicht ist dann durch Probiren einzustellen. Ist z. B. der Totalwiderstand (statt 0,6) = 1 Kil., also $F = 0{,}5$ Kilogr., so wird die Empfindlichkeit von $\frac{1}{41}$ erreicht, wenn die Regulatorwelle (statt 225) 288, also die Riemenscheibe 144 Touren macht. Das Gegengewicht muß dann $= -9{,}02$ Kilogr. betragen.

Der Regulator läßt sich in seinen Details mannichfaltig ändern, so kann man die gelegentlich Fig. 1 besprochene Verbindung von Gleitstück mit Stange so anordnen, daß ein in das erstere tangential zur Stange eingebohrter Stift in der Kreisnuthe der Stange gleitet (Fig. 3). Besser noch hat die Stange an ihrem Ende einen Bund, der in das hohle Gleitstück eingelegt und dort mit einer Ueberwurfmutter festgehalten wird. Damit dieser Bund nicht klemmt, wird derselbe so eingepaßt, daß die Druckschraube mit ihrem Rande am Gleitstück ansitzt (Fig. 7). Die Kugelhebelenden greifen hier gabelförmig um das Gleitstück.

Einen andern Regulator des nämlichen Systemes von gebräuchlicher Construction zeigt Fig. 12, 13, 14, Taf. II. Das Gleitstück endigt in eine dünne Stange mit Querstift unten, und sitzt seiner ganzen Länge nach in der hohlen Welle. Der Querstift am untern Ende bewegt den Reibungsteller, indem er in zwei Schlitzen die Welle durchdringt. Die Kugelhebel greifen an einem durch zwei Scheiben vertical geführten Stift an. Die Uebertragung ist hier eine indirecte, eine Anbringung von Gegengewichten also nicht leicht thunlich. Nach den oben entwickelten Sätzen wird es sich demnach um einen geringeren Werth von $n^2 c$ handeln, womit eine geringere Tourenzahl und ein größeres Kugelgewicht zusammenhängen würde. Es sei $G = 5$ Kilogr., $b = 80$, $a = 40$, $\frac{b}{a} = 2$, $F = 0{,}45$ und $G_1 = 1$ Kilogr. zulässig, dann würde sich aus Formel I rückwärts berechnen:

$$n^2 c = \frac{\frac{b}{a} - \frac{G_1}{G}}{\frac{b}{a} + 1} 903000 = 541800,$$

oder für $c = 60 : n = 95$ Touren. Die Empfindlichkeit ist dann nach II gleich $\frac{1}{40}$.

Die Uebertragungsmechanismen, welche bei Verwendung statischer Regulatoren nöthig werden, erhöhen deren

*) Engineer, 20. März 1868.

Bewegungswiderstände, ziehen also die Empfindlichkeit herab. Dieser Uebelstand wird bei Anordnung des Großmann'schen Ueberfallgewichtes vermieden.*) Die Einrichtung ist die, daß ein Ueberfallgewicht auf einem Arm des ersten vom Gleitstück angefaßten Hebels senkrecht über dessen Drehpunkt angebracht ist. Bei normaler Geschwindigkeit der Kugeln balancirt dieses Gewicht, indem es dann, senkrecht über seinem Stützpunkt stehend, sich in labilem Gleichgewicht befindet. Aendert dagegen der Regulator seine Geschwindigkeit und Kugelstellung, so fällt das Gewicht nach der einen oder andern Seite aus seiner Gleichgewichtslage heraus und erhöht nun den Impuls der Kugeln, ihre normale Lage zu fliehen. Diese vortreffliche Einrichtung fand sich trotz der kurzen Zeit ihrer Erfindung auf der Pariser Ausstellung von 1867 in 6 Exemplaren der französischen Abtheilung vertreten. Sie ist ebenfalls bei dem vorstehend beschriebenen Regulator Fig. 7 angewandt.

Fassen wir die entwickelten Eigenschaften des obigen Regulators zusammen, so ist es die mit der Einfachheit zusammenhängende Beweglichkeit desselben, die einen guten Empfindlichkeitsgrad zuläßt. Für die schweren Gleitwiderstände complicirter Stellzeuge, die unter Umständen bis auf 4 Kilogr. (F = 2 Kilogr.) steigen können, ist der Regulator nicht brauchbar.

Wie übrigens das Watt'sche Pendel allen Anforderungen an Genauigkeit genügen kann, wenn es gelingt, die Reibungsverluste zu reduciren, davon liefert der Uebertrager von Kauffmann in Bludenz (Vorarlberg) — mit seinen uhrwerkähnlichen Transmissionstheilen den besten Beweis. Der obige Regulator erstrebt das nämliche Ziel, aber auf dem Wege der Vereinfachung. Dieselbe Tendenz liegt beiläufig dem Regulator von Pickering*), sowie dem oben erwähnten isochronischen Pendel von Davy & Davey zu Grunde, von denen vorzüglich der letztere einer besonderen Beachtung werth scheint.

Cöln, im August 1868.

*) Zeitschrift des Vereines zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen, 1865, 3. und 4. Lieferung, sowie: Bericht des österreichischen Ausstellungscomité's, Abtheilung „Motoren und Maschinen".

*) Bericht des österreich. Ausstellungscomité's, Abtheilung „Motoren und Maschinen".

Die Gauckler'sche Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen.

Von

K. R. Bornemann.

(Hierzu Fig. A. auf Tafel 2 und Tafel 3.)

1. Am Ende des vorigen Bandes dieser Zeitschrift wurde eine Abhandlung des französischen Straßen- und Wasserbau-Ingenieurs Gauckler in Colmar mitgetheilt, worin auf Grund der Darcy-Bazin'schen Versuche neue Formeln für die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen aufgestellt werden. Diese Theorie führt zu dem Resultate, daß es unmöglich ist, eine einzige für alle Fälle giltige Formel für die offenen Wasserläufe aufzustellen, daß man vielmehr genöthigt ist, für Gefälle unter 0,0007 eine andere Formel anzuwenden, als für höhere Gefälle, und daß überdies für jede verschiedene Beschaffenheit der Wände und der Sohle eines Wasserlaufes andere Constanten anzuwenden sind.

Nach Gauckler ist nämlich das Product aus der dritten Wurzel des sogenannten mittleren Radius R (Querschnitt dividirt durch den benetzten Umfang) in die vierte Wurzel aus dem Gefälle J (pro Längeneinheit) bei mehr als 0,0007 Gefälle der Quadratwurzel aus der mittleren Geschwindigkeit v, bei weniger als 0,0007 Gefälle aber der vierten Wurzel aus der mittleren Geschwindigkeit proportional und es variiren in der für Gefälle von mehr als 0,07 Procent geltenden Formel (1) $\sqrt{v} = \alpha \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$ die Coefficienten α je nach der Beschaffenheit des Bettes von 5 bis 10, bei der für geringere Gefälle als 0,07 Procent bestimmten Formel (2) $\sqrt[4]{v} = \beta \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$ die Coefficienten β von 6,3 bis 9.

Da dem Verfasser die Werke von Darcy und Bazin, aus welchen Herr Gauckler seine Unterlagen entnommen hat, nicht zur Verfügung stehen, so ist es ihm zwar nicht möglich, die neuen Formeln genauer zu prüfen, indessen dürfte es für die Leser dieser Zeitschrift nicht ganz

ohne Interesse sein, wenn er im Nachstehenden Dasjenige mittheilt, was er bei der Prüfung dieser Formel an einzelnen der Bazin-Darcy'schen Versuchsreihen, sowie an einigen eigenen und an den von Rittinger im 7. Jahrgange der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereines veröffentlichten Versuchen gefunden hat.

2. Es handelt sich zunächst darum, zu vergleichen, ob die Gauckler'schen Formeln die zu Grunde gelegten Versuche mit genügender Genauigkeit wiedergeben. Zu diesem Behuf wurden die in Tabelle XII auf Seite 515 des vorigen Jahrganges dieser Zeitschrift mitgetheilten Versuchsreihen 9, 10 und 11 mit rectangulären hölzernen Gerinnen nach beiden Formeln berechnet, wobei sich Folgendes ergeben hat:

Tabelle I. Versuche von Darcy & Bazin in hölzernen Gerinnen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9.
v	R	J	α			β		
				$J = 0{,}0015$	$J > 0{,}0015$		$J = 0{,}0015$	$J > 0{,}0015$.
0,548	0,0842	0,0015	8,582	8,582		9,975	9,975	
0,724	0,1237	0,0015	8,676	8,676		9 406	9,406	
0,910	0,0524	0,0059	9,198		9,198	9,419		9,419
0,945	0,1799	0,0015	8.750	8,750		8,874	8 874	
1,080	0,0446	0,00839	9,683		9,683	9,499		9,499
1,106	0,2194	0,0015	8,862	8,862		8,640	8,640	
1 213	0,0776	0,0059	9,815		9,815	8 878		8,878
1,234	0,2513	0,0015	8,930	8,930		8,480	8,480	
1,343	0 2781	0,0015	9,022	9,002		8,381	8 381	
1,394	0,0684	0,00839	9,539		9,539	8,780		8,780
1,420	0,3042	0,0015	9,003	9,003		8 249	8,249	
1,595	0,1147	0,0059	9,380		9,380	8,347		8,347
1,830	0,1019	0,00839	9,570		9,570	8 228		8,228
1,847	0,1440	0,0059	9,354		9,354	8 024		8 024
2,039	0 1688	0,0059	9,322		9,322	7,800		7 800
2,100	0,1292	0 00839	9,471		9.471	7,868		7.868
2,206	0,1900	0,0059	9,322		9.322	7 648		7,648
2,306	0,1525	0,00839	9,391		9,391	7,621		7,621
2,349	0,2091	0,0059	9,318		9,318	7,527		7,527
2,495	0,1721	0,00839	9,383		9,383	7,464		7.464
2,664	0,1894	0,00839	9,716		9,716	7,604		7 604
		Mittelwerthe	9,228	8,832	9,426			

Verfolgt man die Columnen 4 und 7, in welchen die nach der Formel

$$(1)\ \sqrt{v} = \alpha \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J} \quad \text{und} \quad (2)\ \sqrt[4]{v} = \beta \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$$

berechneten Werthe der Coefficienten α und β angegeben sind, so zeigt sich zunächst, daß für die vorliegenden Versuchsreihen, bei denen $J > 0{,}0007$ war, die Formel (1) unstreitig weit besser paßt als die Formel (2), welche allmählig abnehmende Werthe von β giebt; es zeigt sich ferner, daß die Werthe von α nur wenig untereinander differiren, so daß α als constant angesehen werden kann, daß aber doch bei dem Gefälle $J = 0{,}0015$ etwas kleinere Werthe von α erhalten werden, als bei den stärkeren Gefällen 0,0059 und 0,00839, über welche ebenfalls Versuche vorhanden sind. Um dies deutlicher ersehen zu können, sind die Versuche mit $J = 0{,}0015$ in Columne 5 und die übrigen in Columne 6 nochmals aufgeführt worden. Erstere geben den Mittelwerth $\alpha = 8{,}832$, letztere $\alpha = 9{,}426$ und alle Versuche zusammen $\alpha = 9{,}228$. Auch die Versuche mit 0,0059 Gefälle geben etwas kleinere Werthe von α, als diejenigen mit 0,00839 Gefälle, doch ist die Differenz sehr unbedeutend und wohl nur auf die unvermeidlichen kleinen Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Gerinne zu schieben.

3. Die Formel (2), bei welcher in Columne 8 und 9 dieselbe Sonderung nach den Gefällen vorgenommen worden ist, zeigt in dieser Beziehung keine hervortretenden Verschiedenheiten. Es ist zu bedauern, daß die Darcy-Bazin'schen Versuche mit hölzernen Gerinnen sich nicht auf kleinere Gefälle als solche von 0,15 Procent beziehen, und sind deshalb diejenigen einschlagenden Versuche verglichen worden, welche in der oben citirten Rittinger'schen Abhandlung angeführt sind. Es sind dies die von Schöber zu Schemnitz angestellten Versuche, Nr. 5 bis 8 mit 0,0005 Gefälle. Das Gerinne war rechteckig und in den Ecken am Boden mit dreieckigen Leisten versehen. Nachstehende Angaben beziehen sich auf Wiener Maaß.

Tabelle II. Versuche in einem hölzernen Gerinne von Schöber.

Versuchsnummer.	Querschnitt F	Benetzter Umfang p	Mittlerer Radius R	Gefälle J	Mittlere Geschwind. v	α	β.
5	0,488	1,914	0,2550	0,0005	1,045	10,782	10,664
6	0,609	2,086	0,2918	"	1,243	11,248	10,646
7	0,865	2,416	0,3581	"	1,585	11,858	10,568
8	0,964	2,524	0,3819	"	1,824	12,448	10,713

Diese Versuchsreihe giebt insofern eine Bestätigung der Gauckler'schen Theorie, als die Formel (1) offenbar schlechter stimmt, als die Formel (2), welche nach Gauckler hier anzuwenden ist, da $J < 0{,}0007$ ist, auch differiren die Werthe von β so wenig untereinander, daß deren Mittelwerth 10,648 für β eingeführt werden kann. Da derselbe hier für österreichisches Maaß ermittelt ist, so hat man ihn auf Metermaaß zu reduciren, wobei man erhält:

$$\beta = 1{,}1 \,.\, 10{,}648 = 11{,}713.$$

Dieser Coefficient ist allerdings höher, als der von Gauckler für hölzerne Gerinne angegebene Coefficient. Wenn man aber bemerkt, daß nach der vorigen Tabelle die Werthe von β bei 0,0015 Gefälle schon nahe gleich 10 gefunden wurden, so kann dieses Ergebniß der Schemnitzer Versuche wohl nur als Bestätigung der Gauckler'schen Theorie angesehen werden.

4. Vergleichen wir daher noch eine zweite Reihe von Versuchen in hölzernen Gerinnen, welche in der Rittinger'schen Abhandlung unter Nr. 112 bis 117 aufgeführt und von Butyka in Schemnitz ausgeführt worden sind. Dieselbe führt auf Folgendes:

Tabelle III. Versuche in einem hölzernen Gerinne von Butyka.

Versuchsnummer.	F	p	R	J	v	α.
112	0,254	2,710	0,0937	0,0246	3,225	10,029
113	0,564	2,895	0,1938	"	5,837	10,544
114	0,732	3,100	0,2360	"	8,857	12,159
115	0,851	3,192	0,2667	"	8,451	11,408
116	1,015	3,320	0,3058	"	9,162	11,345
117	1,222	3,489	0,3501	"	10,125	11,400

Da diese Versuche in einem sehr stark geneigten Gerinne angestellt worden sind, so kann es nicht Wunder nehmen, wenn ihre Resultate minder gut harmoniren. Der Versuch Nr. 114 scheint z. B. fehlerhaft zu sein. Schließt man ihn aus, so erhält man als Mittelwerth von α 10,945, was sich auf Wiener Maaß bezieht, oder auf Metermaaß bezogen

$$\alpha = 0{,}8253 \,.\, 10{,}945 = 9{,}033,$$

ein Werth, welcher ganz vortrefflich zu dem Gauckler'schen Coefficienten paßt. Unter Berücksichtigung des Versuches Nr. 114 wird $\alpha = 11{,}147$ für Wiener Maaß, $\beta = 9{,}200$ für Metermaaß erhalten, oder fast genau der Mittelwerth der aus Tabelle I abgeleiteten Gauckler'schen Coefficienten.

5. Für hölzerne Gerinne scheint demnach die Gauckler'sche Formel mit großem Vertrauen angewendet werden zu dürfen. Von größerem praktischen Interesse ist aber die Frage, ob sie auch die Versuche in Gräben genügend genau wiedergiebt. Um dies erkennen zu können, ist eine größere Anzahl der in der mehrfach erwähnten Rittinger'schen Abhandlung enthaltenen Versuche in gemauerten Gräben nach der Gauckler'schen Theorie berechnet worden, worüber die nachstehende Tabelle IV das Nähere angiebt. Die Versuche Nr. 2 bis 4 sind von Esch in Kapnikbánya an einem in trockener Mauerung stehenden rectangulären Graben, die Versuche Nr. 10 bis 13, 17 und 18 von Sauer in Przibram an drei trapezoidalen gemauerten Gräben mit Lettensohle, die Versuche 39 bis 44 von Hutzelmann in Przibram an einem ebensolchen Graben, die Versuche 69 bis 71 von Eseh zu Kapnikbánya an einem trocken gemauerten trapezoidalen Graben und die Versuche Nr. 76 bis 78 von Lipter an einem in trockner Mauerung stehenden rectangulären Aufschlagsgraben mit

Lettensohle des Diosgyörer Hüttenwerkes angestellt worden. Bei diesen Versuchen wurde (ebenso wie bei den bereits besprochenen Versuchen mit hölzernen Gerinnen) die Wassermenge überall direct durch Aichung bestimmt und dieselben sind mit solcher Umsicht angeordnet, daß sie zur Begründung einer Theorie besonders geeignet erscheinen.

Tabelle IV. Versuche in gemauerten Gräben von Esch, Sauer, Hutzelmann, Cseh und Lipter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Versuchs-Nr.	F	p	R	J	v		α			β	
							$J < 0{,}0110$	$J < 0{,}0010$		$J > 0{,}0010$	$J > 0{,}001$
2	1,368	4,023	0,3401	0,0005	0,295	5,202	5,204		7,052	7,052	
39	0,855	2,805	3048	0022	375	4,202		4,202	5,357		5,357
40	0,929	2,863	3244	0022	567	5,059		5,059	5,830		5,830
10	1,506	3,358	4486	0006	766	7,305	7,305		7,808	7,808	
11	1,746	3,582	4874	0006	904	7,719	7,719		7,917	7,917	
41	1,536	3,380	4544	0022	919	5,757		5,757	5,880		5,880
12	1,165	2,898	4020	0007	990	8,286	8,286		8,308	8,308	
3	2,541	4,821	5271	0005	1,086	8,626	8,626		8,449	8,449	
17	1,061	2,951	3596	0010	1,087	8,245	8,245		8,074	8,074	
42	1,803	3,586	5007	0022	1,094	6,081		6,081	5,811		5,811
13	1,403	3,174	4421	0007	1,125	8,561	8,561		8,312	8,312	
43	1,966	3,638	5403	0022	1,147	6,071		6,071	5,866		5,866
18	1,306	3,183	4103	0010	1,209	8,322	8,322		7,935	7,935	
44	2,060	3,793	5430	0022	1,224	6,262		6,262	5,954		5,954
4	3,951	5,680	6956	0005	1,444	9,069	9,869		8,273	8,273	
69	0,836	3,114	2685	0036	1,448	7,615		7,615	6,942		6,942
70	1,142	3,374	3385	0036	1,859	7,986		7,986	6,839		6,839
71	1,380	3,552	3886	0056	2,029	7,968		7,968	6,676		6,676
76	2,451	5,221	4695	0040	2,317	7,789		7,789	6,313		6,313
77	4,405	6,201	7106	0040	2,652	7,255		7,255	5,687		5,687
78	6,421	7,204	8915	0040	3,204	7,394		7,394	5,527		5,527
								Mittelwerthe	6,849	8,014	5,974

Geht man in dieser Tabelle die Columnen 7 und 10 durch, so sieht man, daß keine der beiden Gauckler'schen Formeln für die ganze Ausdehnung der Tabelle eine befriedigende Uebereinstimmung giebt, daß man vielmehr für die geringeren Gefälle eine andere Formel anwenden muß, als für die höheren. Dieserhalb sind die Columnen 8, 9, 11 und 12 beigefügt, aus welchen zu folgern ist, daß die Formel (1) weder für größere, noch für geringere Gefälle eine genügend gute Uebereinstimmung giebt, daß es angemessen ist, die Versuche mit den Gefällen 0,0005, 0,0006, 0,0007 und 0,0010 zu vereinigen und ebenso wie die Versuche in höheren Gerinnen nach der Formel (2) zu berechnen, daß aber für die Gruppe mit kleinerem Gefälle als 0,001 ein anderer Coefficient zu nehmen ist, als für die Gruppe mit größerem Gefälle.

Nach diesen Versuchen paßt also für Gefälle unter 0,001 der Coefficient $\beta = 8{,}014$, für höhere Gefälle der Coefficient $\beta = 5{,}974$, durchgängig aber giebt die Formel $\sqrt[4]{v} = \beta \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$ bei Berechnung der mittleren Geschwindigkeiten constantere Werthe des Coefficienten, als die andere Formel.

6. Wir stoßen hier auf eine nicht unwesentliche Abweichung von der Gauckler'schen Theorie, nach welcher für Gefälle unter 0,0007 die Formel $\sqrt[4]{v} = \beta \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$, für solche über 0,0007 aber die Formel $\sqrt{v} = \alpha \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$ angewendet werden soll, wir glauben aber die aus den ungarischen Versuchen abgeleitete Formel für zuverlässiger halten zu dürfen, da sie auf einer größeren Zahl von Versuchen fußt, als die Gauckler'sche Formel. Auf Metermaaß umgerechnet erhält man

für geringere Gefälle $\beta = 8{,}815$,
„ größere „ $\beta = 6{,}571$,

während die Gauckler'sche Berechnung der Versuche an dem gemauerten Graben von Grosbois (44. Reihe) mit 0,008 bis 0,0035 Procent Gefälle $\beta = 8{,}5$ und diejenige der Versuchsreihen

Nr. 45 $\beta = 9$ bei $J = 0{,}000305$ bis $0{,}000347$,
„ 46 $\beta = 7{,}8$ „ $J = 0{,}000648$ „ $0{,}000683$,
„ 42 $\beta = 7{,}3$ „ $J = 0{,}000450$ „ $0{,}000525$,
„ 39 $\beta = 7$ „ $J = 0{,}0081$

ergeben hat.

Die Coefficienten aus der Berechnung der ungarischen Versuche stimmen nicht besonders mit denjenigen der Gauckler'schen Rechnung, es ist aber hierbei nicht zu übersehen, daß erstere Versuche geringere Gefälle als von 0,05 Procent gar nicht berücksichtigen, und daß die Beschaffenheit der Mauerung, sowie der Zustand der Verschlämmung der Gräben möglicherweise ein wesentlich verschiedener gewesen sein kann.

7. Um die Formel anderweit zu prüfen, glaubt der Verfasser hier noch einige Versuche anführen zu sollen, welche von Herrn Oberbergrath Weisbach, Herrn Professor Brückmann und dem Verfasser in den Jahren 1854 bis 1859 an hiesigen Kunstgräben ausgeführt worden sind, und welche insofern ein besonderes Interesse besitzen, als sie zum Theil Gräben mit sehr geringem Gefälle betreffen. Die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit erfolgte mit Hilfe des Woltmann'schen Flügels. Sämmtliche benutzte Gräben waren an beiden Seiten in trockene Mauerung gesetzt und mit Lehmsohle versehen, welche zum Theil mit Schlamm und Wäschsand bedeckt, an einigen Stellen auch mit Wasserpflanzen bewachsen war. Die Mauerung war theilweise neu und in bestem Zustande, theilweise schon alt und defect. Ueber die angestellten Beobachtungen giebt nachstehende für Metermaaß giltige Tabelle die näheren Data.

Tabelle V. Versuche in Freiberger Kunstgräben von Weisbach, Brückmann und Bornemann.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Versuchs-Nr.	F	p	R	J	v	α			β			ζ
							$J < 0{,}0006$	$J < 0{,}0006$		$J > 0{,}0006$	$J > 0{,}0006$	
6	1,335	3,23	0,4133	0,0001201	0,273	6,701	6,701		9,268	9,268		0,0132
5	1,332	3 23	0,4124	0000239	0,274	10,058	10,058		13,903	13,903		0,0027
12	1,978	3,86	0,5124	0000394	0,278	8,316	8,316		11,452	11,452		0,0066
4	1,325	3,18	0,4167	0001353	0,283	6,604	6,604		9,053	9,053		0,0139
14	0,343	1,634	0,2099	0007553	0,337	5,892		5,892	7,734		7,734	0,0218
7	0,93	2,6	0,3577	0006860	0,350	5,147		5,147	6,693		6,693	0,0385
11	0,99	2,67	0,3708	0010926	0,38	4,720		4 720	6,001		6,001	0,0584
13	1,308	3,453	0,3787	0002423	0,4274	7,242	7.242		8,958	8,958		0,0098
10	0,82	2,44	0,3360	0007131	0,43	5,773		5,773	7,129		7,129	0,0231
1	0,55	2,1	0,262	0005205	0,46	7,018	7,018		8,521	8,521		0,0120
3	0,478	1,95	0,245	0011855	0,476	5,940		5,940	7,151		7,151	0,0256
2	0,527	2,05	0,257	0012119	0,48	5,840		5,840	7,018		7,018	0,0264
8	0,724	2,35	0,3080	0004965	0,49	6,944	6,944		8,301	8,301		0,0124
9	0,64	2,22	0,2882	0009404	0,53	6,294	6,294		7,377	7,377		0,0160
								Mittelwerthe	8,469	9,604	6,954	

In dieser Tabelle sind in den Columnen 7 und 10 diejenigen Werthe von α und β angeführt, welche sich bei der Berechnung der Versuche nach den beiden Gauckler'schen Formeln ergeben. Weder die Differenzen der Coefficienten α, noch diejenigen der Coefficienten β sind sehr erheblich, wenn man von den Versuchen 5, 12 und 11 absieht, wovon erstere beide durch besonders geringe Gefälle ausgezeichnet sind und der letzte Versuch vielleicht nur deshalb ein so niedriges Resultat gegeben hat, weil in der betreffenden Grabenstrecke der Boden mit viel Wasserpflanzen bedeckt war. Dennoch macht sich noch ein gewisser Einfluß des Gefälles bemerkbar, denn wenn man die Coefficienten aus denjenigen Versuchen, bei denen das Gefälle $< 0{,}0006$ war, von denjenigen trennt, welche aus den Versuchen mit größerer Geschwindigkeit berechnet sind, so erhält man, wie die Columnen 8, 9 und 11, 12 zeigen, bei beiden Formeln in der Columne für die kleineren Gefälle größere Coefficienten, als in der Columne für die größeren Gefälle. Im Uebrigen giebt diese Tabelle keinen Anlaß, nach Gauckler's Vorgange für die niedrigeren Gefälle eine andere Formel anzuwenden, als für die höheren, vielmehr scheint es angemessener, sich, wie dies bereits bei den ungarischen Versuchen sich ergab, der Formel (2) allein zu bedienen und nur für niedrigere Gefälle einen andern Coefficienten anzuwenden, als für höhere. Aus jenen Versuchen ergaben sich die Mittelwerthe 8,815 und 6,571, während die letzterwähnten Versuche auf die Mittelwerthe 9,604 und 6,954 führen.

In der letzten Columne dieser Tabelle sind noch diejenigen Werthe aufgeführt, welche man nach der alten Theorie erhält. Nach der Weisbach'schen Bezeichnungsweise hat man nämlich:

$$h = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \frac{p}{F} l,$$

wenn h das totale Gefälle der Grabenstrecke,
l die Länge " "
ζ den Widerstandscoefficienten

bedeutet. Nennt man noch v_1 die mittlere Geschwindigkeit des unteren und v_0 diejenige des oberen Grabenprofiles, so kann man noch genauer setzen

$$h = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} + \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{p}{F} l$$

und erhält daher $\zeta = \dfrac{h - \dfrac{v_1^2 - v_0^2}{2g}}{\dfrac{v^2}{2g} \cdot \dfrac{p}{F} \cdot l}$.

Diese Widerstandscoefficienten sind noch in Columne 13 beigefügt und die große Verschiedenheit dieser Coefficienten zeigt auf's Schlagendste, daß die alte Theorie weit schlechter paßt, als die neue.

8. Es ist nun zu versuchen, ob nicht durch die Zusammenfassung der ungarischen und Freiberger Versuche noch mehr Licht in dieser Frage erhalten werden könne. Zu diesem Ende ist nachstehende Aufstellung gemacht worden, in welcher außer den aus Tabelle IV und V entnommenen Coefficienten auch noch die auf Metermaaß umgerechneten Werthe des Coefficienten β angeführt sind.

Tabelle VI. Zusammenstellung der Versuche in gemauerten Gräben.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Versuchsnummer aus Tabelle		1000 J	β			γ
			aus Tabelle		für Metermaaß	
IV	V		IV	V		
	5	0,0239		13,903	13,903	8,166
	12	0394		11,452	11,452	6,898
	6	1201		9,268	9,268	5,902
	4	1353		9,053	9,053	5,798
	13	2423		8,958	8,958	5,908
	8	4965		8,301	8,301	5,674
2		5000	7,052		7,757	5,310
3		"	8,449		9,294	6,158
4		"	8,273		9,030	6,224
	1	5205		8,521	8,521	5,838
10		6000	7,808		8,589	5,927
11		"	7,917		8,709	6,010
12		7000	8,308		9,139	6,456
13		7000	8,312		9,143	6,359
	10	7131		7,129	7,129	4,963
	14	7553		7,734	7,734	5,399
	9	9404		7,377	7,377	5,207
17		1,0000	8,074		8,891	6,287
18		"	7,935		8,728	6,178
	11	1,0926		6,001	6,001	4,274
	3	1,1855		7,151	7,151	5,106
	2	1,2119		7,018	7,018	5,016
39		2,2	5,357		5,883	4,349
40		"	5,830		6,413	4,722
41		"	5,880		6,468	4,763
42		"	5,811		6,392	4,817
43		"	5,866		6,453	4,752
44		"	5,954		6,539	5,261
69		3,6	6,942		7,636	5,744
70		"	6,839		7,523	5,678
71		"	6,676		7,344	5,543
76		4,0	6,313		6,944	4,363
77		"	5,687		6,256	4,339
78		"	5,527		6,080	4,474
					Mittel	5,525

Die 5. Columne dieser Tabelle zeigt noch eine ziemlich auffallende Abnahme der Coefficienten β, und da diese Tabelle nach den steigenden Werthen des Abhanges J geordnet ist, so läßt dies vermuthen, daß die Gauckler'sche

Hypothese, wonach das Product $\sqrt[3]{R}\sqrt[4]{J}$ der 4. Wurzel aus der mittleren Geschwindigkeit proportional sein soll, nicht ganz zutrifft, und es ist daher die Formel (3)

$$\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R}\sqrt[5]{J}$$

versucht worden. Die hierbei gefundenen Coefficienten γ sind in der 6. Columne vorstehender Tabelle angeführt, und obwohl sich bei denselben immer noch eine Abnahme gegen das untere Ende der Tabelle hin sichtbar macht, so ist dieselbe doch wesentlich geringer, als bei Columne 5 und dürfte auch hauptsächlich mit der Beschaffenheit der Gräben zusammenhängen, sodaß die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R}\sqrt[5]{J}$ das Gesetz der Bewegung des Wassers in gemauerten Gräben innerhalb sehr weiter Grenzen der Gefälle und der Geschwindigkeiten befriedigend wiederzugeben scheint. Als Mittelwerth des Coefficienten γ erhält man aus allen 34 Werthen der Columne 7

$$\gamma = 5{,}525,$$

und nach Auslassung der beiden ersten Werthe, welche auffallend hoch erscheinen,

$$\gamma = 5{,}347,$$

somit lautet die Formel vollständig für Metermaaß:

$$3) \quad \sqrt[4]{v} = 5{,}347 \sqrt[3]{R}\sqrt[5]{J}.$$

9. Die zeitherigen Resultate machen es wünschenswerth, die zuletzt gefundene Formel auch noch an denjenigen Versuchen zu prüfen, auf welche Gauckler seine Formel begründet hat; es sind demnach auch die Versuchsreihen 39, 42, 44, 45 und 46 der Gauckler'schen Abhandlung in dieser Weise berechnet worden, wobei sich Folgendes ergeben hat.

Tabelle VII. Versuche von Darcy und Bazin an gemauerten Gräben.

Beschaffenheit der Gräben.	R	1000 J	v	γ
Versuchsreihe 39. Sehr regelmäßiger Querschnitt und ausgezeichnete Mauerung.	0,1238	8,100	1,746	6,042
	1742		2,293	5,773
	2074		2,495	5,563
	2336		2,666	5,437
Versuchsreihe 46. Theilweise schadhafte Mauerung. Boden mit Schlamm und Steinchen bedeckt.	0,2693	0,648	0,449	5,503
	3755	671	617	5,298
	4271	683	714	5,244
	4572	683	847	5,307
Versuchsreihe 42. Eine Seite senkrecht und in Kalk gemauert, die andere geneigt und in trockner Mauerung. Erdsohle.	0,3045	0,525	0,307	5,011
	4159	450	422	5,043
	4687	462	482	4,984
	5080	487	530	4,916
Versuchsreihe 44. Aehnlich wie bei Nr. 46.	0,3274	0,300	0,314	5,502
	4201	350	514	5,554
	4790	330	585	5,555
	5219	300	663	5,678
Versuchsreihe 45. Sehr schöne Mauerung und ganz rein.	0,2980	0,305	0,403	6,022
	3944	308	580	5,996
	4533	331	647	5,797
	4866	347	754	5,829
			Mittelwerth	5,503.

Wir glauben, daß die vorgeschlagene einfache Formel (3) durch diese Versuche bestätigt wird, indem die Werthe von γ trotz der großen Verschiedenheit der Gefälle und Geschwindigkeiten untereinander nicht mehr differiren, als nach der angegebenen verschiedenen Beschaffenheit der Gräben zu erwarten ist. Der mittlere Werth des Coefficienten $\gamma = 5{,}503$ differirt auch nicht viel von dem bei Tabelle VI gefundenen Coefficienten und man kann daher, um einen Mittelwerth für gemauerte Gräben zu erhalten, alle 54 Versuche der Tabellen VI und VII zusammennehmen, woraus sich

$$\gamma = 5{,}517 \text{ oder rund } \gamma = 5{,}5$$

berechnet.

10. Sollte nun die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R}\sqrt[5]{J}$ nicht auch auf hölzerne Gerinne anwendbar sein? Um dies zu untersuchen, sind die oben in Tabelle I, II und III angegebenen Versuche auf Grund dieser Formel einer nochmaligen Berechnung unterworfen worden, deren Ergebnisse in umstehender Tabelle VIII zusammengestellt sind.

Tabelle VIII. Versuche in hölzernen Gerinnen.

		R	J	v	γ österr. M.	γ Meter.
Schöber. Oesterreichisches Maaß.	5	0,2550	0 0005	1,045	7,293	8,022
	6	2918	„	1,243	7,279	8,007
	7	3581	„	1,585	7,228	7,951
	8	3819	„	1,824	7,325	8,057
Darcy-Bazin. 9. Versuchsreihe.	1	0,0842	0 0015	0,548		7,205
	2	1237	„	724		6,795
	3	1799	„	945		6,410
	4	2194	„	1,106		6,241
	5	2513	„	1,234		6,127
	6	2781	„	1,343		6,054
	7	3042	„	1,420		5,932
Darcy-Bazin. 10. Versuchsreihe.	1	0.0524	0,0059	0,910		7,286
	2	0776	„	1 213		6,868
	3	1147	„	1,595		6,457
	4	1440	„	1,847		6,207
	5	1688	„	2,089		6,034
	6	1900	„	2,206		5,917
	7	2091	„	2,349		5,822
Darcy-Bazin. 11. Versuchsreihe.	1	0 0446	0,00839	1,080		7,478
	2	0684	„	1,394		6,912
	3	1019	„	1,830		5,786
	4	1292	„	2,100		6,194
	5	1525	„	2,306		5,999
	6	1721	„	2,495		5,873
	7	1894	„	2,664		5,988
Butyka. Oesterreichisches Maaß.	112	0,0937	0,0246	3,225	6 203	6,823
	113	1938	„	5,837	5,635	6,198
	114	2360	„	8,857	5,856	6,442
	115	2667	„	8,451	5,558	6,104
	116	3058	„	9,162	5,420	5,962
	117	3501	„	10,125	5,309	5,840

In dieser Tabelle sind die Angaben über R, J und v im Originalmaaße eingetragen worden, die letzte Columne enthält aber die auf Metermaaß bezüglichen Werthe der Constanten γ. Bei diesen Coefficienten ist in jeder Versuchsreihe mit zunehmender Geschwindigkeit eine gewisse Abnahme zu bemerken, wie dies auch bei Tabelle VII in geringerem Grade der Fall ist. Die vorgeschlagene Formel kann daher nur als ein genäherter Ausdruck des Gesetzes angesehen werden, sie giebt aber so wenig differirende Werthe von γ, daß sie mit ebenso viel Berechtigung anzuwenden sein dürfte, als die Gauckler'schen Formeln. Der Mittelwerth von γ ist

bei der Schöber'schen Versuchsreihe . .	$\gamma = 8{,}009$
„ „ 9. Vers. von Darcy-Bazin .	6,395
„ „ 10. „ „ „ „ .	6,370
„ „ 11. „ „ „ „ .	6,319
„ „ Butyka'schen Versuchsreihe . .	6,225.

Die letzten drei Versuchsreihen führen daher auf einen gleichen Mittelwerth $\gamma = 6{,}33$ und nur die erste, bei sehr geringen Geschwindigkeiten und Gefällen vorgenommene Versuchsreihe zeigt wesentlich höhere Werthe von γ, was übrigens auch in einer etwas verschiedenen Beschaffenheit des Gerinnes seinen Grund haben kann. Man darf also für hölzerne Gerinne nehmen

$$\gamma = 6 \text{ bis } 8, \text{ im Mittel } 6{,}33,$$

wobei der größere Werth bei sehr geringen Geschwindigkeiten Geltung hat.

11. Wir kehren nun wieder zu den Gräben zurück und haben noch diejenigen zu betrachten, welche blos in Erde ausgeworfen sind. Die Gauckler'sche Abhandlung giebt hier nicht ganz bündige Nachweise, ob die Formel $\sqrt{v} = \alpha\sqrt[3]{R}\sqrt[4]{J}$ für höhere und die Formel $\sqrt[4]{v} = \beta\sqrt[3]{R}\sqrt[4]{J}$ für niedrigere Gefälle am meisten passe, da bei ein Paar

Versuchsreihen beide Formeln gleich gut passen und bei der einen Versuchsreihe mit niedrigem Gefälle sogar die erste Formel besser stimmt, als die zweite. Es sind daher diejenigen Versuche, welche die oft citirte Rittinger'sche Abhandlung hierüber mittheilt, in gleicher Weise berechnet worden. Dieselben sind sämmtlich in Gräben mit Gefällen von mehr als 0,1 Procent angestellt worden und sind also nach der ersten Gauckler'schen Formel zu berechnen. Die sich hierbei herausstellenden Coefficienten enthält nachstehende Tabelle.

Tabelle IX. Versuche in ungemauerten Gräben.

Experimentator und Beschaffenheit der Gräben.	Nummer bei Rittinger.	R	1000 J	v	α österr. M.	α Metermaaß.
Schöber. Lettiges Erdreich.	15	0,5206	1,0	0,883	6,568	5,420
	16	7432	"	943	6,000	4,950
Kéler. Letten.	36	0,2247	2,0	0,451	5,861	4,835
	37	2853	"	823	6,516	5,376
	38	3711	"	1,103	6,912	5,700
Rauen. Sandiges Erdreich.	55	0,3043	2,7	1,446	7,843	6,470
	56	4757	"	1,496	6,871	5,667
	57	5725	"	1,865	7,214	5,951
Butyka. Grober Schotter am Boden, lehmiges Erdreich.	65	0,3887	3,2	2,791	9,625	7,940
	66	6374	"	3,499	9,140	7,540
	67	8048	"	3,458	8,405	6,970
	68	8853	"	3,873	8,616	7,108
Metzler. Letten.	79	0,3038	4,1	1,275	6,337	5,476
	80	3959	"	2,111	7,825	6,455
	81	4780	"	2,034	7,207	5,946
Butyka. Schotter am Boden, lehmiges Erdreich.	97	0,3023	7,8	2,950	8,612	7,104
	98	4899	"	3,884	8,412	6,940
	99	5600	"	4,168	8,335	6,881
	100	7785	"	4,102	7,408	6,113
					Mittel	6,255.

Die Werthe von α schwanken nach der letzten Columne dieser Tabelle zwischen 4,835 und 7,940 und nehmen bei mehreren Versuchsreihen mit wachsender Geschwindigkeit ab, entfernen sich aber im Ganzen nicht weit von denjenigen Werthen, welche Gauckler aus den Darcy-Bazin'schen Versuchen abgeleitet hat. Dieser fand nämlich 5,3 bis 5,9, während die ungarischen Versuche im Mittel 6,255 geben.

12. Bei der Unentschiedenheit, in welcher die Frage über die zweckmäßigste Formel geblieben ist, und im Hinblick auf die befriedigende Uebereinstimmung, welche die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ bei den gemauerten Gräben und den hölzernen Gerinnen gegeben hat, schien es nothwendig, zu versuchen, ob sich diese Formel vielleicht auch auf die ungemauerten Gräben anwenden lasse, und es sind daher die Darcy-Bazin'schen Versuchsreihen Nr. 36, 37, 38, 41, 43, 47, 48, 49 und 50, sowie die in vorstehender Tabelle aufgeführten Versuche nach dieser Formel berechnet worden. Welche Werthe für den Coefficienten γ sich dabei ergeben haben, zeigt die nachstehende Tabelle X.

Tabelle X. Versuche in ungemauerten Gräben.

Versuchsnummer. Darcy.	Versuchsnummer. Rittinger.	R	1000 J	v	γ österr. M.	γ Metermaaß.	Bemerkungen.
49		0,2929	0,250	0,270		5,703	Der Graben war etwas verschlämmt, sonst aber regelmäßig und ohne Gräser.
		4013	275	407		5,580	
		4773	246	415		5,418	
		5433	275	447			

Fortsetzung von Tabelle X. Versuche in ungemauerten Gräben.

Versuchsnummer. Darcy.	Versuchsnummer. Rittinger.	R	1000 J	v	γ österr. M.	γ Metermaaß.	Bemerkungen.
50		0,3196	0,310	0,249		5,198	Etwas verschlämmt und hier und da bewachsen.
		4315	290	384		5,312	
		5024	330	395		4,956	
		5631	330	430		4,873	
41		0,3181	0,445	0,293		5,045	Steiniger Boden, aber nur wenig bewachsen.
		4205	450	386		4,916	
		4780	455	427		4,820	
		5224	441	460		4,579	
43		0,3243	0,420	0,271		4,973	Boden und Seitenwände waren an vielen Stellen mit Kräutern bewachsen.
		4298	470	359		4,749	
		4892	470	398		4,667	
		5373	450	424		4,580	
47		0,3317	0,464	0,250		4,742	wie bei 50.
		4204	450	404		4,972	
		4961	479	437		4,737	
		5215	493	513		4,821	
48		0,3005	0,555	0,293		4,919	wie vorher.
		3952	555	451		5,000	
		4756	525	480		4,829	
		5216	515	530		4,819	
36		0,3466	0,678	0,277		4,444	wie bei 43.
		4326	633	391		4,560	
		4922	644	443		4,491	
		5300	622	504		4,558	
37		0,2920	0,792	0,367		4,895	wie bei 41.
		3672	808	508		4,899	
		4288	858	553		4,672	
		4751	842	609		4,664	
38		0,2920	0,957	0,379		4,750	noch steinigerer Boden, aber nur wenig bewachsen.
		3601	929	519		4,820	
		4283	993	548		4,551	
		4693	986	597		4,516	
Oesterreichische Maaße.	15	0,5206	1,0	0,888	4,797	5,276	lettiger Boden.
	16	7432	„	934	4,320	4,752	
	36	0,2247	2,0	0,451	4,672	5,139	desgl.
	37	2853	„	823	5,016	5,518	
	38	3711	„	1,103	4,936	5,430	
	55	0,3048	2,7	1,446	5,321	5,853	sandiges Erdreich.
	56	4757	„	1,496	4,622	5,084	
	57	5725	„	1,865	4,593	5,052	
	65	0,3887	3,2	2,791	5,588	6,147	grober Schotter am Boden, lehmiges Erdreich an den Wänden.
	66	6374	„	3,499	5,023	5,525	
	67	8048	„	3,458	4,627	5,090	
	68	8853	„	3,873	4,609	5,070	
	79	0,3038	4,1	1,275	4,745	5,219	Letten.
	80	3959	„	2,111	4,927	5,420	
	81	4780	„	2,034	4,584	5,042	
	97	0,3023	7,8	2,950	5,159	5,671	wie bei 65 bis 68.
	98	4899	„	3,884	4,701	5,171	
	99	5600	„	4,168	4,576	5,033	
	100	7785	„	4,102	4,084	4,492	

Die in der letzten Columne der vorstehenden Tabelle aufgeführten Werthe des Coefficienten γ haben bei den französischen Versuchen einen ziemlich constanten und etwas niedrigeren Werth als bei den ungarischen Versuchen, doch sind die Differenzen nur gering und man kann aus dieser Zusammenstellung wohl den Schluß ziehen, daß die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ auch bei den ungemauerten Gräben anwendbar ist und ebenso zuverlässige Resultate giebt, als die Darcy'sche Formel. Als Mittelwerth ergiebt sich aus sämmtlichen 55 Versuchen der Werth

$$\gamma = 5{,}0,$$

die Mittelwerthe der einzelnen Serien sind aber folgende:

Darcy (49)	5,465	bei J =	0,000246	bis	0,000275,
(50)	5,085	"	0,000290	"	0,000330,
(41)	4,840	"	0,000441	"	0,000455,
(43)	4,742	"	0,000420	"	0,000470,
(47)	4,818	"	0,000450	"	0,000493,
(48)	4,892	"	0,000515	"	0,000555,
(36)	4,513	"	0,000622	"	0,000678,
(37)	4,782	"	0,000792	"	0,000858,
(38)	4,659	"	0,000929	"	0,000993,
Schöber	5,014	"	0,001,		
Kéler	5,362	"	0,002,		
Rauen	5,330	"	0,0027,		
Butyka	5,458	"	0,0032,		
Metzler	5,227	"	0,0041,		
Butyka	5,092	"	0,0078.		

Hiernach scheint die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ das Gesetz der Bewegung des Wassers in ungemauerten Gräben in befriedigender Weise auszudrücken.

13. Für große Wasserläufe oder Flüsse hat Gauckler nicht genug Versuche vorgefunden, um seine Theorie näher zu prüfen. Unter den Versuchen, welche er zur Bestimmung der Constanten seiner zweiten Formel benutzt hat, geben diejenigen von Dubuat am Canal du Jard und diejenigen von Woltmann sehr abweichende und auffallende Werthe im Vergleich zu den Versuchen von Poirée und Emmery in der Seine, und denen von Léveillé in der Saone. Indessen kann dies nicht sehr auffallen, da die Versuche in großen Strömen in der That höchst schwierig anzustellen sind und bei der Ermittelung der mittleren Geschwindigkeiten, der Profile und Umfänge eine große Sicherheit kaum erzielt werden kann, und da überdies die Gestalt der Flußbetten oft eine so unregelmäßige ist (namentlich bei Hochwasser), daß die Anwendbarkeit der aus Beobachtungen in regelmäßigen Canälen abgeleiteten Formeln auf Flüsse kaum zu hoffen steht. Unter solchen Verhältnissen kann man sich nur aus der Sammlung recht vieler Beobachtungen einigen Nutzen versprechen, aber, obgleich schon außerordentlich viele Wassermessungen in großen Flüssen angestellt worden sind, so geben dieselben doch größtentheils kein brauchbares Material für den vorliegenden Zweck, weil bei der Bestimmung der verschiedenen Elemente theils nicht mit der nöthigen Umsicht verfahren, theils in Folge unbegründeter Hypothesen die Ermittelung gewisser unentbehrlicher Elemente unterlassen worden ist.

Unter den von Gauckler benutzten Versuchen fehlen namentlich solche mit stärkeren Gefällen und es sind daher bei der nachstehenden Berechnung noch die in der Grebenau'schen Bearbeitung der „Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen" von Humphreys und Abbot auf Seite CLI citirten Versuche an der Salzach, Saalach und am Lech, ferner die auf Seite CLIII mitgetheilten Versuche am Rhein und endlich die auf Seite CLIV angeführten Versuche von Schwartz an der Weser mit benutzt worden. Die Versuche von Humphreys und Abbot im Mississippi, welche auf Seite 142 des citirten Werkes mitgetheilt sind, wurden theils wegen der (wie es scheint) nicht ganz zuverlässigen Geschwindigkeitsbestimmungen, theils deswegen nicht benutzt, weil sie nur geringe Gefälle betreffen.

Da nun nach den vorhergegangenen Erörterungen mit ziemlicher Sicherheit zu erwarten stand, daß die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ auch auf Flüsse anwendbar sein werde, so sind in nachstehender Tabelle XI nur die Werthe von γ angeführt, welche sich aus diesen Versuchen ergeben.

Tabelle XI. Versuche in Flüssen.

Versuchsnummer.	R	1000 J	v	γ		
				Landesmaaß.	Metermaaß.	
1	1,182	0,04	0,172		4,616	
2	1,454		248		4,721	[illegible]
3	2,151		301		4,348	
4	2,720		488		4,5[illegible]	
5	3'314		565		4[illegible]	

Fortsetzung von Tabelle XI. Versuche in Flüssen.

Versuchsnummer.	R	1000 J	v	γ Landesmaaß.	γ Metermaaß.	
6	3,539	0,04	0,582		4,344	Léveillé, in der Saône.
7	3,598		592		4,338	
8	4,044		689		4,334	
9	4,463		722		4,243	
10	4,825		725		4,139	
11	0,512	0,0862	0,137		4,943	Dubuat, Canal du Jard.
12	592	0362	146		5,693	
13	625	0458	185		5,594	
14	787	0651	326		5,627	
15	2,164	0,090	0,704		4,563	Emmery, in der Seine.
16	2,340	087	705		4,477	
17	3,462	057	720		4,313	
18	3,788	060	719		4,129	
19	4,136	050	783		4,247	
20	4,327	054	791		4,130	
21	4,835	062	887		3,994	
22	5,134	067	945		3,907	
23	5,445	075	1,015		3,824	
24	1,726	0,127	0,638		4,782	Poirée, in der Seine.
25	2,159	133	690		4,203	
26	2,569	135	737		4,021	
27	2,888	140	1,027		4,171	
28	3,328	"	1,140		4,083	
29	3,714	"	1,163		3,956	
30	4,419	"	1,200		3,672	
31	4,578	"	1,375		3,847	
32	4,855	0,170	1,427		3,662	
33	5,135	131	1,463		3,811	
34	5,604	103	1,429		3,687	
35	0,202	0,2187	0,320		6,963	Woltmann.
36	312	2083	430		6,505	
37	462	0858	281		6,816	
38	541	0666	288		6,153	
39	5,786	0,1834	1,369	3,367	3,709	Schwarz, in der Weser. Rheinisches Maaß.
40	10,747	2167	5,036	3,755	4,135	
41	9,698	2000	4,262	3,700	4,076	
42	9,166	"	3,949	3,699	4,075	
43	8,448	1917	3,370	3,685	4,059	
44	10,224	2167	4,622	3,652	4,022	
45	12,966	5503	7,677	3,179	3,501	
46	12,531	5316	7,698	3,239	3,569	
47	6,622	4107	4,809	3,751	4,130	
48	6,120	3986	3,972	3,610	3,975	
49	7,321	0,3600	4,305	3,622	4,015	Salzach — Baierisches Maaß.
50	1,265	1,0357	2,253	4,479	4,965	Saalach
51	1,408	1,1364	2,060	4,149	4,597	"
52	3,301	1,15	5,17	3,920	4,345	Lech
53	3,804	2,5	4,2	3,804	4,215	Isar
54	6,316	2,5	7,5	2,968	3,289	"
55	2,337	1,25	1,5		3,176	Rhein.
56	6,599	1,00	2,7		2,72	
57	2,964	0,112	0,887		4,168	

14. Von den in obige Tabelle aus dem Grebenau'schen Werke aufgenommenen Versuchen sind die Versuche 52 bis 56 sehr zweifelhaft, da über die Art der Wassermessung etwas Näheres nicht mitgetheilt ist. Auch die aus

der Gauckler'schen Abhandlung aufgenommenen Versuche von Woltmann, Nr. 35 bis 38 (muthmaaßlich diejenigen, welche Woltmann in einem Entwässerungsgraben bei Curhaven ausgeführt hat), und diejenigen von Dubuat im Canal du Jard (Nr. 11 bis 14) gehören nicht eigentlich hierher, sondern zu den Gräben; sie sind nur deshalb mit angeführt worden, weil die Gauckler'sche Theorie für erstere den Coefficienten $\beta = 10$, für letztere Versuche $\beta = 3$ giebt, und dies als Beweis dafür gelten kann, daß die Formel $\sqrt[4]{v} = \beta \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{J}$ weniger gut stimmt, als die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$. Abgesehen von diesen Versuchen zeigt sich der Coefficient γ ziemlich constant; er hat im Mittel

aus Versuch 1 bis 10 den Werth 4,403,
" " 15 " 23 " " 4,176,
" " 24 " 34 " " 3,999,
" " 39 " 48 " " 3,951,

und scheint demnach mit zunehmendem Gefälle etwas abzunehmen. Dem widersprechen aber wieder die in Baiern ausgeführten Wassermessungen (Versuche 49 bis 54) und man darf daher wohl einen allgemeinen Mittelwerth

$$\gamma = 4$$

einführen, während bei den Erdgräben $\gamma = 5$ gefunden wurde, gemauerte Gräben aber $\gamma = 5{,}5$ und hölzerne Gerinne $\gamma = 6{,}33$ ergaben. Freilich ergeben die auf Gräben bezüglichen Woltmann'schen Versuche Nr. 35 bis 38 in obiger Tabelle sogar größere Werthe von γ, als aus Tabelle VIII für hölzerne Gerinne abgeleitet wurden, aber dieselben haben auch ein so abweichendes Verhältniß des Querschnittes zum Perimeter, daß sie aus obiger Tabelle jedenfalls auszuschließen sind.

15. Dagegen sind die Versuche 39 bis 48, welche zu denjenigen Funk'schen Versuchen gehören, von denen Gauckler sagt, daß er aus ihnen ebensowenig etwas habe schließen können, als aus den Versuchen von Donati (soll wohl heißen Bonatti?) und denen der römischen Ingenieurschule, in keiner Weise auffallend, fügen sich vielmehr der Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ sehr gut, und das Gleiche gilt von den letztgenannten Versuchen, welche mit einigen Bertelli'schen in nachstehender Tabelle vorgeführt werden.

Tabelle XII. Versuche in Flüssen.

	R	1000 J	v	γ	
1	2,640	0,0611	0,687	4,585	Bonatti.
2	3,736	"	0,736	4,157	"
3	7,080	0996	1,269	3,489	"
4	4,666	"	1,146	3,908	Päpstliche Ingenieurschule.
5	2,852	1306	1,115	4,334	"
6	2,064	2,2	3,489	3,641	Bertelli.
7	1,172	0,17	0,706	4,933	"
8	1,447	0,1	0,599	4,908	"
9	1,694	0,12	0,713	4,689	"
10	1,511	0,085	0,560	4,914	"

Diese Versuche sind bei Weisbach in seinem vortrefflichen Artikel über die Bewegung des Wassers in Hülße's allgemeiner Maschinenencyclopädie in den Tafeln IV und V angeführt; mehrere andere dort angeführte Versuche sind hier deshalb nicht benutzt worden, weil die kleinen Werthe von R, welche sie geben, darauf hindeuten, daß diese Versuche nicht in Flüssen angestellt worden sein können. Der Mittelwerth aus diesen italienischen Versuchen beträgt

$$\gamma = 4{,}355,$$

ist also etwas höher als der Mittelwerth aus Tabelle XI. Könnten zur Bestimmung des Coefficienten γ noch mannigfachere Versuche benutzt werden, so würde man ohne Zweifel auch wieder einen andern Mittelwerth finden, die Differenzen dieser Coefficienten sind aber wohl mehr auf den Einfluß der verschiedenen Beschaffenheit der Flußbetten, als auf einen Mangel der Formel zu schieben. Trotzdem deutet die Abnahme der Coefficienten bei zunehmenden Geschwindigkeiten, wie sie namentlich bei den Versuchen von Léveillé, Emmery, Poirée und Schwartz nicht zu verkennen ist, darauf hin, daß die Geschwindigkeit v in einer anderen, als der $^1/_4$ten Potenz in der Formel auftreten möchte.

Trägt man indessen die Geschwingkeiten als Abscissen und die gefundenen Werthe von γ als Ordinaten auf, so läßt sich keine derartige Abhängigkeit erkennen, vielmehr heben sich die den verschiedenen Beobachtern entsprechenden Gruppen so wesentlich von einander ab, daß die Verschiedenheit der Coefficienten mehr in der Verschiedenheit der Wassermeßmethoden und der Beschaffenheit der Flußbetten zu liegen scheint.

16. Hiernach wird man sich vor der Hand damit begnügen müssen, dem Coefficienten γ (oder den Gauckler'schen Coefficienten α und β) einen gewissen Spielraum zu lassen, und wird unter genauer Berücksichtigung der Beschaffenheit der Flußbetten darnach zu trachten haben, die geeignetsten Coefficienten aufzufinden. So lange derartige specielle Coefficienten noch nicht aufgefunden sind, bleibt es aber eine sehr mißliche Sache, mit Hilfe obiger Formel die Geschwindigkeit eines Flusses aus seinem Gefälle, Querprofil und Perimeter bestimmen zu wollen, denn da nach Tabelle XI und XII die Werthe von γ zwischen 3,5 und 4,9 schwanken, so giebt die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ je nach Einführung des einen oder andern Coefficienten Geschwindigkeiten, welche zwischen 150 und $576 R^{4/3} J^{4/5}$ schwanken, oder man wird, wenn man für γ den Mittelwerth aus den in Tabelle XI und XII aufgeführten Versuchen einführt, nämlich $\gamma = 4{,}196$ oder rund 4,2, zu befürchten haben, schlimmsten Falls entweder 100 Procent Geschwindigkeit zu viel, oder 85% zu wenig zu finden. Der wahrscheinlichste Werth des wahrscheinlichen Fehlers beträgt übrigens 0,255 oder $\frac{0{,}255}{4{,}196} = 0{,}06$ des arithmetischen Mittels aus sämmtlichen Werthen von γ, daher beträgt bei der Geschwindigkeit der wahrscheinlichste Werth des wahrscheinlichsten Fehlers ungefähr 25 Procent. Daß bei Anwendung der Prony'schen Formel mindestens ebenso große Fehler vorkommen können, beweist ein Blick auf Columne 13 in Tabelle V.

17. Nach der im Vorstehenden mitgetheilten Prüfung der Gauckler'schen Formel, bei welcher gefunden wurde, daß durch die Einführung einer besonderen, Formel für niedrigere Geschwindigkeiten und einer anderen für höhere nicht viel an Genauigkeit gewonnen werde, und daß die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ sich an die Versuche fast ebenso gut anzuschließen scheine, möchte es noch angemessen sein, einen Vergleich mit den älteren Formeln über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen anzustellen.

Hierbei ist vorauszubemerken, daß die älteren Experimentatoren sämmtlich nach einer Formel gesucht haben, welche eine allgemeine Giltigkeit für große und kleine Wasserläufe haben sollte, und der Ansicht waren, daß die Beschaffenheit dieser Wasserläufe nicht weiter berücksichtigt zu werden brauche, weil die Wände mit einem anhaftenden Wasserüberzuge bedeckt seien, gegen welchen allein Reibung der Fäden stattfände.

Am bekanntesten ist die sogenannte Prony-Eytelwein'sche Formel

$$RJ = \alpha v + \beta v^2, \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

in welcher Eytelwein den Coefficienten α und β für Metermaaß folgende Werthe beilegte:

$$\alpha = 0{,}0000243, \quad \beta = 0{,}000366.$$

Nach Hagen's Bearbeitung, bei welcher viele der von Eytelwein benutzten älteren Versuche verworfen wurden, war

$$\alpha = 0{,}00005783, \quad \beta = 0{,}00021806$$

zu setzen und Lahmeyer leitete aus 218 eigenen, 4 Woltmann'schen und 33 Dubuat'schen Versuchen folgende Werthe für die Coefficienten α und β ab:

$$\alpha = 0{,}0000221035, \quad \beta = 0{,}000377686.$$

Als Abkürzung dieser Formel, welche namentlich für höhere Geschwindigkeiten anwendbar sei, gab Eytelwein den Ausdruck

$$RJ = 0{,}0003856 \, . \, v^2, \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

de Saint Vénant aber fand, daß die Formel

$$RJ = 0{,}00040102 \, . \, v^{\frac{21}{11}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

eine noch bessere Uebereinstimmung gewährte, und Lahmeyer hat in Förster's Bauzeitung, Jahrg. 1852, Seite 149, eine ähnliche und noch bequemere Formel aufgestellt, welche lautet

$$RJ = 0{,}0004021 \, . \, v^{\frac{2}{2}}. \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Letzterer Hydrotechniker empfiehlt zugleich die Verwendung besonderer Coefficienten für größere und kleinere Wasserläufe, indem er aus 432 Versuchen

für Gräben den Coefficienten 0,000361,
„ Flüsse „ „ 0,000425

abgeleitet hat.

Die Weisbach'sche Formel

$$h = \zeta \, . \, \frac{lp}{F} \, . \, \frac{v^2}{2g} \quad \text{oder} \quad RJ = \varrho \, . \, v^2, \quad . \quad (5)$$

in welcher $\varrho = A + \frac{B}{v}$ zu nehmen ist, läßt sich leicht auf die Form der Prony-Eytelwein'schen Formel bringen, ist aber bequemer zum Rechnen, wenn man eine Tabelle der Coefficienten ζ besitzt; sie unterscheidet sich von der Formel (2) dadurch, daß der Coefficient auf der rechten Seite nicht constant, sondern von v abhängig ist.

Der Verfasser dieses hat (Polytechnisches Centralblatt für 1845, S. 308) für den Coefficienten ϱ die Form

$$\varrho = A + \frac{B}{\sqrt{v}} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

versucht und aus 88 Versuchen für die Coefficienten A und B die Werthe

$$A = 0{,}000318143, \quad B = 0{,}0000414977$$

erhalten, ohne aber dabei eine bessere Uebereinstimmung der Formel mit den Versuchen zu erzielen, als bei der Form $\varrho = A + \frac{B}{v}$.

Aehnlich mit der Prony'schen Formel ist diejenige von Dupuit gebaut, welche lautet:

$$\left.\begin{aligned} RJ &= 0{,}00081 . v_0 + 0{,}00036\, v_0^2 \\ v &= v_0 + 800\, RJt \end{aligned}\right\} , \quad . \quad . \quad (7)$$

wenn v_0 die Geschwindigkeit in der Nähe des Bodens und

t die mittlere Tiefe des Querschnittes

bedeutet. Diese Formel unterscheidet sich von der Formel (1) dadurch, daß an Stelle der mittleren Geschwindigkeit die Bodengeschwindigkeit eingeführt und überdies angenommen ist, daß letztere Geschwindigkeit eine gewisse Function der Bodengeschwindigkeit, des mittleren Radius, des Gefälles und der mittleren Tiefe sei. Letztere Annahme ist durch Versuche nicht bewiesen und widerspricht der Erfahrung, daß die größte Geschwindigkeit eines Perpendikels etwas unter der Oberfläche liegt. Die Dupuit'sche Formel ist aber in ihrer Ableitung sehr interessant, und die erste Formel, bei welcher der mittlere Radius in einer höheren, als der ersten Potenz vorkommt. Sie bildet daher gewissermaaßen den Uebergang zu der Bazin'schen Formel:

$$RJ = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) v^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

in welcher den Coefficienten α und β je nach der Beschaffenheit der Seitenwände folgende verschiedene Werthe beigelegt werden:

für sehr glatte Wände (geputzter Cement, gehobelte Holzeinfassung) . . .	$\alpha = 0{,}00001$,	$\beta = 0{,}0000003$,
für glatte Wände (Werkstücke, Ziegel, Bohlenwände, Cement mit Sand)	$\alpha = 0{,}00019$,	$\beta = 0{,}0000133$,
für Bruchsteinmauer . .	$\alpha = 0{,}00024$,	$\beta = 0{,}0000600$,
für Erdwände und gewöhnliche Flußbetten . . .	$\alpha = 0{,}00028$,	$\beta = 0{,}00035$.

Der Unterschied dieser Formel von der Prony'schen liegt, abgesehen von der Einführung verschiedener Coefficienten für verschiedene Beschaffenheiten der Betten, in dem Umstande, daß in Formel (8) auf der rechten Seite

$$\frac{\beta}{R} \text{ statt } \frac{\beta}{v}$$

gesetzt ist.

Zur Bestimmung der Coefficienten α und β hat Darcy in Gemeinschaft mit Bazin zahlreiche Versuche angestellt und auf dieselben Versuche begründet Gauckler unter Hinzuziehung der Versuche einiger anderer französischer Gelehrten und Praktiker die neuen Formeln, welche in vorliegendem Artikel näher besprochen worden sind. Diese Formeln, wovon erstere für geringere, letztere für größere Geschwindigkeiten gelten soll, lassen sich schreiben:

$$\left.\begin{aligned} RJ &= \frac{\beta}{\sqrt[3]{R}}\, v \\ RJ &= \frac{\alpha}{\sqrt[3]{R}}\, v^2 \end{aligned}\right\} . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Die zweite dieser Formeln läßt sich mit Formel (2) vergleichen, unterscheidet sich aber dadurch, daß der Factor von v^2 nicht constant, sondern eine Function von $R^{1/3}$ ist, und daß der Coefficient α überdies, je nach der Beschaffenheit der Wände, etwas andere Werthe bekommt; die für die niedrigeren Geschwindigkeiten angegebene Formel weicht aber von allen zeitherigen Formeln auch noch dadurch ab, daß das Product RJ lediglich der ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional gesetzt ist.

Uebrigens sollen die Coefficienten α und β folgende Werthe erhalten:

	$J > 0{,}0007$			$J < 0{,}0007$		
für Mauerung in Werkstücken und Cement . . $\alpha =$	0,000100	bis	0,000192, $\beta =$	0,000152	bis	0,000192,
„ gewöhnliche gute Mauerung	0,000192	„	0,000300,	0,000192	„	0,000244,
„ gemauerte Seiten und natürlichen Boden .	0,000300	„	0,000468,	0,000244	„	0,000284,
„ Gräben mit natürlichen Wänden und Boden	0,000468	„	0,000947,	0,000284	„	0,000416,
„ dergl. mit bewachsenen Wänden	0,000947	„	0,001600,	0,000416	„	0,000527,
„ Flüsse „ „ „	„		„	0,000527	„	0,000635.

Die in dem vorliegenden Artikel auf Grund der von Gauckler mitgetheilten und der von Rittinger veröffentlichten, sowie einiger noch nicht veröffentlichter hiesiger Versuche aufgestellte Formel sollte hauptsächlich den Uebelstand der Gauckler'schen Theorie beseitigen, daß für geringere Gefälle eine andere Formel, als für größere Gefälle angewendet werden mußte, und lautete:

$$\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}.$$

Sie läßt sich demgemäß auch schreiben:

$$RJ = \frac{\gamma}{\sqrt[3]{R}} \sqrt[5]{J} . v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

und es ergeben sich für den Coefficienten γ folgende Werthe:

für hölzerne Gerinne im Mittel	$\gamma =$	0,000623,
„ gemauerte Gräben „ „		0,00109,
„ ungemauerte „ „ „		0,00160,
„ Flüsse „ „		0,00390.

Es ist nun noch der Humphreys-Abbot'schen Formel zu gedenken, welche aus Versuchen in dem Riesenstrome Mississippi abgeleitet und, wie wir im 13. Bande dieser Zeitschrift gesehen haben, von sehr complicirter Natur ist. Sie lautet in Metermaaß:

für kleine Flüsse und Gerinne:

$$\sqrt{v} = 0{,}05176 \sqrt{\frac{1}{\sqrt{R+0{,}457}} + 3091 \sqrt{\frac{R}{1+\frac{b}{p}}}\sqrt{J}} - \frac{0{,}05176}{\sqrt{R+0{,}457}}$$

für größere Flüsse, bei denen $R \geqq 3{,}6$ Meter ist:

$$\sqrt{v} = 0{,}0213 \sqrt{1 + 18296 \sqrt{\frac{R}{1+\frac{b}{p}}}\sqrt{J}} - 0{,}0385. \quad \ldots \ldots (11)$$

Letztere Formel läßt sich, da man 0,0385 gegen $\sqrt{v}$ und 1 gegen $18296 \sqrt{\frac{R}{1+\frac{b}{p}}\sqrt{J}}$ vernachlässigen kann, annähernd schreiben:

$$RJ = 0{,}0002126 \left(1 + \frac{b}{p}\right)^2 \frac{v^4}{R}, \quad . \ (12^*)$$

worin b die obere Breite des Flusses bedeutet, und wenn man noch $b = p$ setzt,

$$RJ = 0{,}00085 \frac{v^4}{R}. \quad \ldots . \ (12)$$

Grebenau hat diese Näherungsformel noch dadurch vervollkommnet, daß er je nach der Größe der Wasserläufe etwas andere Coefficienten anzuwenden anräth, und erhält, indem er nach dem Vorgange von Humphreys und Abbot den Quotienten

$$\frac{F}{p+b} \text{ mit } r$$

bezeichnet, die Formel

$$rJ = \alpha \frac{v^4}{r}, \quad \ldots \ldots (13)$$

worin dem Coefficienten α folgende Werthe beigelegt werden sollen:

für Gräben	unter 1 Qu.-Met.	Querschnitt	$\alpha = 0{,}0003974$,
„ Bäche	„ 5 „	„	0,0003535,
„ „	von 5 bis 10 „	„	0,0003388,
„ Flüsse	von 20 bis 400 „	„	0,0002927,
„ „	„ 400 „ u. mehr „		0,0002645.

18. Aus dem im Vorstehenden gegebenen Ueberblick über die hauptsächlichsten Formeln über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen ersieht man, welche verschiedenartigen Versuche bereits gemacht worden sind, um das Gesetz dieser Bewegung aufzufinden. Es läßt sich annehmen, daß jede von diesen Formeln für die bestimmte Versuchsreihe, aus welcher sie hervorgegangen ist, ganz entsprechend gefunden worden ist, sich an andere Versuche aber wieder so unvollkommen angeschlossen hat, daß spätere Experimentatoren eine andere für ihre Versuche passende Formel aufzusuchen veranlaßt waren, und es ist zu befürchten, daß dieser ungenügende Zustand noch länger andauern wird, da die Mehrzahl dieser Formeln einer eigentlichen theoretischen Unterlage entbehren und lediglich empirische Formeln sind.

Um die Vergleichung obiger Formeln untereinander zu erleichtern, sind in folgender Tabelle XIII die Versuche aus Tabelle V nach mehreren der oben angeführten Formeln berechnet worden, indem die 2. Columne die Werthe von RJ enthält und nun in den andern Columnen diejenigen Größen aufgeführt sind, welche nach den darüber bemerkten Formeln den Werthen von RJ proportional sein sollen. Vergleicht man nun diese Werthe untereinander, so findet man leider nirgends eine richtige Befriedigung.

Die Werthe von $\alpha v + \beta v^2$ in Columne (3), welche nach Formel (1) und mit den von Hagen angegebenen Werthen von α und β berechnet sind, zeigen gar keine Proportionalität mit den Werthen von RJ in Columne (2), sondern repräsentiren beinahe einen constanten Werth.

Ein etwas stärkeres Wachsthum zeigen die in Columne (4) aufgeführten Werthe von $v^{\frac{21}{11}}$, welche nach der de Saint-Venant'schen Formel (Nr. 3) den Werthen von RJ proportional sein sollen, aber es ist kein richtiges proportionales Wachsen zu bemerken.

Dasselbe gilt von der Lahmeyer'schen Formel (4), indem die in der 5. Columne aufgeführten Werthe von $v^{7/4}$ ein noch weniger befriedigendes Wachsthum zeigen.

Bei den in der 6. Columne aufgeführten Werthen von $\left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) v^2$, welche nach der Bazin'schen Formel (Nr. 8) den Werthen von RJ proportional sein sollen, ist hauptsächlich ein gesetzmäßiges Wachsen zu vermissen, auch kommen sehr bedeutende und auffallende Sprünge vor.

Tabelle XIII. Vergleichende Berechnung der Versuche aus Tabelle V.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12.
Versuchsnummer.	1000000. RJ	Formel (1) 1000000. $(\alpha v + \beta v^2)$	Formel (3) $100 . v^{\frac{21}{11}}$	Formel (4) $10 . v^{3/2}$	Formel (8) 1000000. $\left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) v^2$	Formel (9) $100 \frac{v^2}{\sqrt[3]{R}}$	Formel (9) $100 . \frac{v}{\sqrt[3]{R}}$	Formel (10) $100 \frac{\sqrt[5]{J}}{\sqrt[3]{R}} . v$	$100 \frac{\sqrt[5]{J}}{\sqrt[3]{R}} . v^2$	Formel (12) $100 . \frac{v^4}{R}$	Formel (12*) $100\left(1+\frac{b}{p}\right)^2 \frac{v^4}{R}$
5	9,9	3,222	8,47	1,43	8,49	10,09	36,81	4,38	1,20	1,367	3,54
12	20,2	3,280	8,68	1,46	7,42	9,65	34,73	4,57	1,27	1,165	3,41
6	49,6	3,204	8,39	1,43	8,42	10,00	36,64	6,03	1,64	1,344	3,48
4	56,4	3,382	8,98	1,50	8,97	10,72	37,88	6,38	1,80	1,539	4,07
13	91,7	6,453	19,73	2,79	21,92	25,24	59,08	11,18	4,78	8,809	27,20
1	136,3	7,275	22,71	3,12	34,28	33,07	71,89	15,85	7,29	17,096	50,53
8	152,9	8,067	25,63	3,43	34,10	35,56	72,56	15,85	7,76	18,718	48,68
14	158,5	4,425	12,53	1,95	22,14	19,11	56,70	13,46	4,54	6,144	13,52
10	239,5	6,519	19,96	2,82	24,41	26,61	61,86	14,52	6,24	10,179	26,55
7	245,4	4,696	13,48	2,07	15,44	17,26	49,31	7,25	2,54	4,197	10,33
9	271,1	9,190	29,77	3,86	41,86	42,52	80,24	19,91	10,55	27,38	75,00
3	290,5	7,692	24,24	3,28	38,74	36,21	76,06	19,77	9,41	20,95	62,21
2	311,4	7,797	24,62	3,32	37,78	36,23	75,50	19,70	9,46	20,65	60,19
11	405,3	5,346	15,77	2,34	17,62	20,10	52,89	13,52	5,14	5,62	13,52

Die 7. und 8. Columne enthält die Werthe von $\frac{v^2}{\sqrt[3]{R}}$ und $\frac{v}{\sqrt[3]{R}}$, welche nach der Gauckler'schen Theorie (Formel Nr. 9) den Werthen von RJ proportional sein sollen. Erstere Formel wäre für den unteren Theil von Columne 7, letztere für den oberen Theil von Columne 8 maaßgebend, da die zuletzt aufgeführten 7 Versuche bei größerem Gefälle als 0,0007 vorgenommen wurden; bei Columne 7 findet aber durchaus kein gesetzmäßiges Wachsen der Werthe von $\frac{v^2}{\sqrt[3]{R}}$ statt und auch bei Columne 8 ist keine Proportionalität zu den Werthen der 2. Columne wahrnehmbar.

Columne (9) enthält die Werthe von $\frac{\sqrt[5]{J}}{\sqrt[3]{R}}$ v, welche nach der vom Verfasser vorgeschlagenen Formel (10) den Werthen von RJ proportional sein sollen. Auch hier ist eine ganz entsprechende Zunahme nicht zu bemerken, doch ist sie besser, als bei den zeither besprochenen Formeln und die Abweichungen dürften wenigstens theilweise in der verschiedenen Beschaffenheit der Gräben begründet sein.

Ein stärkeres Wachsen, aber auch auffallendere Unregelmäßigkeiten zeigen die in Columne 10 aufgeführten Werthe von $\frac{\sqrt[5]{J}}{\sqrt[3]{R}} v^2$, sodaß die Prüfung der Formel

$$RJ = \frac{\sqrt[5]{J}}{\sqrt[3]{R}} v^2$$

der weiteren Beachtung empfohlen zu werden verdient.

Endlich sind in Columne (11) die Werthe von $\frac{v^4}{R}$ aufgeführt, welche nach der Humphreys-Abbot'schen Theorie (Näherungsformel 12) den Werthen von RJ proportional sein sollen. Diese Columne zeigt sehr abnorme Sprünge, so daß diese Formel weniger Vertrauen erweckt, als Formel (10).

Da der Quotient $\frac{v^4}{R}$ eigentlich noch mit $\left(1 + \frac{b}{p}\right)^2$ zu multipliciren ist, so ist in der 12. Columne diese Ergänzung nach Formel (12*) vorgenommen worden, aber es ist damit keine bessere Harmonie zwischen den Columnen 2 und 12 erzielt worden und es erweckt hiernach die Humphreys-Abbot'schen Formel kein besonderes Vertrauen.

Daß sich die Versuche 7 und 11 in Tabelle XIII durchgängig durch niedrige Ziffern hervorheben, beruht jedenfalls auf Störungen der Beobachtungen, wozu theils das Gras am Boden, theils das Ein- oder Abstellen der aus diesem Kunstgraben beaufschlagten Werke Anlaß gegeben haben kann.

Auch der Versuch 14 fällt etwas auf und es mag daher bemerkt werden, daß er in einem nur ca. 0,8 Meter weiten rectangulären Graben ausgeführt wurde, während die übrigen Gräben im Querschnitte trapezoidal und 1,4 bis 2,7 Meter weit waren.

Bei den Berechnungen zu Tabelle XIII sind, ebenso wie bei den früheren Rechnungen nur die Müller'schen vierstelligen Logarithmen benutzt worden, was diese Untersuchungen wesentlich erleichtert hat und für dieselben auch genügen dürfte.

Durch die vorstehende Untersuchung dürfte wenigstens dargethan sein, daß die älteren Formeln das wahre Gesetz der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen nicht repräsentiren, und daß es überhaupt nöthig ist, auf die Beschaffenheit und den Zustand der Flußbetten Rücksicht zu nehmen, ebenso wie beim Ausfluß durch Mundstücke, Ueberfälle u. dergl. besondere Coefficienten eingeführt werden müssen. Hierin liegt jedenfalls noch ein Mangel unserer jetzigen Hydraulik; so lange es aber der Analyse noch nicht gelungen ist, die Gesetze aufzufinden, nach welchen die Geschwindigkeit der Fäden eines Wasserstromes variirt, so lange wird man sich auch mit empirischen Formeln begnügen müssen, welche für jeden bestimmten Fall möglichst gut die mittlere Geschwindigkeit wiedergeben.

19. Wie wir sehen, schließt sich die Gauckler'sche Doppelformel und die in diesem Aufsatze vorgeschlagene neue Formel (10) zur Zeit den meisten Beobachtungen noch am besten an und dieserhalb sind für diese Formeln noch graphische Darstellungen beigegeben worden, durch welche die Vergleichung und Berechnung wesentlich erleichtert wird.

Tafel 3 giebt zwei solche graphische Tabellen für die Gauckler'schen Formeln. Dieselben haben zwei Eingänge, indem am obern Rande die Gefälle, an den Seitenrändern die mittleren Radien aufzusuchen sind und die schrägen Transversalen nach den Skalen der Geschwindigkeiten führen. Da die Skalen der Gefälle und mittleren Radien logarithmische Skalen sind, so erhält man auch geradlinige Transversalen; denn schreibt man die Gaucklersche Formel Nr. 1 $v^2 = \frac{1}{\alpha} R^{4/3} J$ logarithmisch, so erhält man:

$$2\,\mathrm{Log.}\,v = \mathrm{Lg}\left(\frac{1}{\alpha}\right) + \frac{4}{3}\,\mathrm{Log}\,R + \mathrm{Log}\,J,$$

also die Gleichung einer Geraden, wenn man als Abscissen die Logarithmen der J und als Ordinaten die Logarithmen der R anträgt. Demgemäß ist solch eine graphische Tabelle sehr leicht zu construiren, indem die einer gewissen Geschwindigkeit v entsprechende Transversale durch ein Paar zusammengehöriger Werthe von R und J bestimmt ist. Berechnet man sich beispielsweise für $J = 0{,}0007$ und $J = 0{,}1$ diejenigen Werthe von R, welche $v = 1$ Meter geben, so erhält man auf den Verticalen, welche in Fig. 1 der Tafel 3 mit 0,0007 und 0,1 bezeichnet sind, die Punkte, durch welche die Transversale für $v = 1$ Meter hindurchgehen muß. Wiederholt man sodann dieselbe Rechnung für $v = 10$ Meter, so erhält man ebenso die Transversale für $v = 10$ Meter. Die Transversalen für $v = 2$, $v = 3$, $v = 4$ Meter u. s. w. können dann mit Hilfe eines Proportionalmaaßstabes ohne weitere Rechnung eingezeichnet werden.

Hierdurch ist zugleich der Weg angedeutet, wie man in einer solchen graphischen Tabelle abzulesen hat. Man sucht nämlich in der Skala der Gefälle das gegebene J auf und geht in dieser Verticalen soweit herunter, bis man in die Horizontale gelangt, welche in der Skala der mittleren Radien dem gegebenen R entspricht. Aus dem Durchschnittspunkte beider Coordinaten folgt man der Richtung der Transversalen bis in die Skala der Geschwindigkeiten und liest hier die dem gegebenen Gefälle J und mittleren Radius R entsprechende Geschwindigkeit v ab. Ebenso kann man, wenn v und J gegeben sind, den zugehörigen mittleren Radius finden, oder, wenn v und R gegeben wären, das erforderliche Gefälle bestimmen.

Derartige Tabellen sind zwar nicht so genau, als numerische Tabellen, möchten aber für praktische Zwecke meistentheils hinreichend genau sein. Sie werden wenigstens jederzeit mit großem Vortheil für die vorläufigen Orientirungen benutzt werden können. Dabei gewähren sie zugleich einen bequemen Einblick in den Einfluß jedes einzelnen Elementes, sie zeigen z. B. auf den ersten Blick, wie durch Veränderung des mittleren Radius bei gleichem Gefälle eine größere oder geringere Geschwindigkeit erzielt werden kann.

Die auf Tafel 3 gegebenen beiden graphischen Tabellen gelten für gemauerte Gräben und sind nach den von Gauckler angegebenen Coefficienten

$\alpha = 7{,}07$ für Gefälle von mehr als 0,0007,
$\beta = 7{,}7$ „ „ von weniger als 0,0007,

berechnet. Bei derartigen Gräben kann nach Gauckler

der Coefficient α von 6,8 bis 7,6,
„ „ β „ 7,7 „ 8

schwanken, daher kann die aus Fig. 1 gefundene Geschwindigkeit um 8 Procent zu groß oder um 11,5 % zu klein sein und die aus Fig. 2 entnommene Geschwindigkeit um 1/8 zu gering ausfallen.

Will man diese Tabellen auch für Gräben in besonders guter Mauerung oder in Erde, oder für Flüsse benutzen, so hat man zu beachten, daß nach Gauckler die Geschwindigkeit

	$J > 0{,}0007$ (Fig. 1)	$J < 0{,}0007$ (Fig. 2)
bei Flüssen		0,45 bis 0,68,
„ ungemauerten Gräben	0,65 bis 0,90,	0,68 „ 1,0,
„ besonders guter Mauerung . . .	1,44 „ 2,0,	1,49 „ 1,87

mal so groß ausfallen würde, als nach den bei Construction der graphischen Tabellen, Fig. 1 und 2, benutzten Werthen der Coefficienten α und β.

Die Figur A auf Tafel 2 giebt eine graphische Tabelle der Formel (10):

$$v = \gamma . R^{4/3} . J^{4/5},$$

bei welcher für γ der oben gefundene für gemauerte Gräben gefundene Mittelwerth 5,5 benutzt worden ist.

In Einrichtung und Gebrauch unterscheiden diese Tabellen sich in Nichts gegen die vorigen. Nach den auf Seite 38 mitgetheilten Werthen hat man

in hölzernen Gerinnen im Mittel eine 1,754,
„ ungemauerten Gräben „ „ 0,682,
„ Flüssen . . . . „ „ 0,280

mal so große Geschwindigkeit zu erwarten, als in gewöhnlichen gemauerten Gräben mit natürlicher Sohle, was bei der Benutzung dieser Tabelle für derartige Gerinne und Gräben und für Flüsse zu beachten ist.

Die mitgetheilten Coefficienten zeigen zugleich, daß es bei sehr geringem Gefälle sehr vortheilhaft sein wird, die Wände der Wasserleitungsgräben so glatt als möglich herzustellen, indem man dann bei sonst gleichen Dimensionen viel mehr Wasser darin fortbringen kann. Diese Vergleichung wird dadurch sehr erleichtert, daß bei der graphischen Tabelle auf Tafel 2 außer der Skala der Geschwindigkeiten für gemauerte Gräben auch noch die Skalen für hölzerne Gerinne, für ungemauerte Gräben und für Flüsse am rechten Rande der Figur verzeichnet worden sind. Man erkennt z. B. daraus, daß bei gleichen Gefällen und mittleren Radien im hölzernen Gerinne 1 Meter Geschwindigkeit stattfinden würde, wenn im gemauerten Graben nur 0,56 Meter und im ungemauerten Graben nur 0,39 Meter Geschwindigkeit stattfindet.

Am Schlusse dieses Aufsatzes hat der Verfasser nochmals zu wiederholen, daß er die Frage über das Gesetz der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen durch die vorstehenden Untersuchungen keineswegs für abgeschlossen erachtet. Dazu wäre eine weit umfassendere Bearbeitung der vorhandenen zuverlässigen Versuche erforderlich, eine Arbeit, durch welche sich ein weniger beschäftigter Ingenieur ein großes Verdienst erwerben könnte. Einer solchen Arbeit muß aber eine streng kritische Auswahl unter den vorhandenen Versuchen vorausgehen und es ist von derselben kaum ein Erfolg zu erwarten, wenn dabei nicht auf die besondere Beschaffenheit der Wasserläufe Rücksicht genommen wird.

Nachsatz.

Nach Abschluß der vorstehenden Abhandlung ging dem Verfasser noch eine ähnliche Arbeit zu, welche Herr Ingenieur W. R. Kutter in Bern auf Seite 126 flgd. des laufenden Jahrganges der Allgemeinen Bauzeitung veröffentlicht hat. Dieselbe enthält eine Prüfung der älteren und der neuen Humphreys-Abbot'schen Formel an Versuchen, welche von Trechsel in der Aare, von La Nicca im Rhein (Domletschgerthal) und einigen andern Schweizer Flüssen, von Legler im Linth- und Escher-Canal und von den Ingenieuren Ganguillet und Kutter an verschiedenen Wildbachschalen angestellt, und wobei auch einige dem Grebenau'schen Werke entlehnte Beobachtungen benutzt worden sind. Von diesen Versuchen sind eigentlich nur diejenigen von Trechsel und ein Theil der La Nicca'schen und Legler'schen Wassermessungen benutzbar, da nur bei diesen die mittlere Geschwindigkeit direct ermittelt zu sein scheint. Bei den übrigen Versuchen ist meist nur die Oberflächengeschwindigkeit, mitunter auch die Bodengeschwindigkeit beobachtet und die mittlere Geschwindigkeit hieraus nach der Darcy-Bazin'schen Formel berechnet worden, auch beziehen sie sich zum Theil auf so unregelmäßige Wasserläufe (Wildbachschalen), daß es zweifelhaft ist, ob dabei eine gleichförmige Bewegung stattgefunden habe. Von den benutzten amerikanischen Beobachtungen hat überdies Hagen nachgewiesen, daß diese wegen zu weit getriebener Interpolationen u. s. w. unbrauchbar sind.

Herr Kutter berechnet, welche Werthe sich für den Coefficienten der Eytelwein'schen und denjenigen der abgekürzten Humphreys-Abbot'schen Formel ergeben, wenn man die Schweizer Versuche nach diesen Formeln berechnet, und giebt hierüber folgende interessante Uebersicht.

Profil in	Gefälle in Tausendtheilen.	Coefficient der Formel von Eytelwein.		Coefficient der Formel von Humphreys & Abbot.	
Erde	0,1 — 1,0	53 — 96	31—96	9 — 20	9—33
	1,0 — 5,0	52 — 95		15 — 30	
	5,0 — 10,0	33 — 76		13 — 33	
	10,0 — 15,0	31 — 57		15 — 26	
gemauert	40 — 50	81 — 86	48—86	52 — 56	46—59
	80 — 110	68 — 73		52 — 59	
	110 — 240	48 — 58		46 — 47	

Diese Coefficienten beziehen sich auf Schweizermaaß, für welches die Eytelwein'sche Formel

$$v = 92{,}975 \sqrt{RJ},$$

die abgekürzte Humphreys-Abbot'sche Formel aber

$$v = 15{,}135 \sqrt{R_1 \sqrt{J}}$$

lautet, und sie zeigen auf's Schlagendste, daß diese beiden Formeln das Gesetz der Bewegung des Wassers in offenen Wasserläufen nicht repräsentiren können, indem bei der Eytelwein'schen Formel der Coefficient von 31 bis 96, bei der andern Formel aber von 9 bis 59 schwankt.

Auch die Darcy-Bazin'sche Formel giebt nicht unbeträchtliche Differenzen, schließt sich aber doch den Versuchen weit besser an, als die anderen Formeln.

Um die Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ zum mindesten an einer der hier mitgetheilten Versuchsreihen zu prüfen, hat der Verfasser dieses die Trechsel'schen Messungen in der Aare berechnet, bei denen sowohl die Werthe von R, als diejenigen von J und v innerhalb weiter Grenzen variiren. Die nachstehende Tabelle XIV enthält außer denjenigen Werthen von γ, welche sich nach der neuen Formel aus diesen Versuchen berechnen, in Columne 7 auch noch die Werthe des Coefficienten der Eytelwein'schen Formel, in Columne 8 die Werthe, welche der Coefficient der Humphreys-Abbot'schen Formel annimmt (Beide aus der Kutter'schen Abhandlung entlehnt), und in Columne 9 die Werthe des Quotienten aus den beobachteten mittleren Geschwindigkeiten v, dividirt durch die aus der Kutter'schen Abhandlung entnommenen, nach der Darcy-Bazin'schen Formel $v = \sqrt{\dfrac{RJ}{0{,}000084 + \dfrac{0{,}00035}{R}}}$ berechneten Geschwindigkeiten; alles für Schweizermaaß.

Tabelle XIV. Versuche von Professor Trechsel in der Aare.

1	2	3	4	5	6	7	8	9.
Nr.		R	1000 J	Beobacht. v	γ	Coefficienten der Formel von Eytelw.	Humph.-A.	Darcy-B.
1	Aare. Reiben bei Büren	12,005	0,10	2,30	3,537	66	9	0,71
2		15,510	0,10	3,53	3,467	90	13	0,90
3		17,526	0,12	4,40	3,394	96	14	0,95
4	Solothurn. Schützenmatte	8,819	0,14	2,04	3,412	58	9	0,63
5		11,855	0,28	3,06	2,979	53	10	0,56
6	Thun	5,649	0,625	5,40	3,742	91	20	1,08
7	Attisholz. Emmengeschiebe	4,122	1,09	6,37	3,877	95	24	1,21
8		5,597	1,09	7,38	3,635	94	24	1,35
9	Aarberg. Saanengeschiebe	6,351	1,27	6,88	3,257	71	19	0,82
19		3,250	1,27	4,37	3,704	68	19	0,92
11	Thalgut. Zulch- u. Rothachengeschiebe	4,769	1,776	5,67	3,254	62	18	0,75
12		7,350	1,776	7,05	2,975	62	18	0,70
13	Thun	6,900	1,872	5,93	2,878	52	15	0,59
				Mittel	3,393	74	16	0,86

Bei Vergleichung der Columne 6 mit den Columnen 7 und 8 kann man der Columne 6 eine größere Gleichförmigkeit nicht absprechen und auch die Columne 9 zeigt etwas stärkere Schwankungen, somit würde auch diese Prüfung zu Gunsten der Formel $\sqrt[4]{v} = \gamma \sqrt[3]{R} \sqrt[5]{J}$ sprechen. Was aber den absoluten Werth des Coefficienten γ anlangt, der aus den Versuchen der Tabelle XIV abzuleiten wäre, so beträgt derselbe für den Berner Fuß 3,393 oder für Metermaaß

$$\gamma = 3{,}758,$$

ist also etwas niedriger, als der aus Tabelle XI abgeleitete Werth $\gamma = 4$. Uebrigens läßt sich hier eine Abnahme des Coefficienten γ bei zunehmendem Gefälle ebensowenig mit Sicherheit nachweisen, als bei Tabelle XI, vielmehr scheinen die Schwankungen dieses Coefficienten lediglich von der Beschaffenheit der Flußbetten herzurühren. Der Mittelwerth für γ aus den Versuchen der Tabellen XI, XII und XIV ist abermals $\gamma = 4$.

Liegende Dampfmaschine nach Woolf'schem System.

Von

Prosper Vandenkerchove, Maschinenfabrikant in Gent in Belgien.

(Nach Armengaud, Publication Industrielle, vol. XVIII, livr. 1.)

(Hierzu Tafel 4.)

Unter der großen Zahl von Dampfmaschinen, welche bei der großen Weltausstellung zu Paris im Jahre 1867 den Besuchern vorgeführt wurden, fielen in der belgischen Abtheilung zwei liegende Maschinen aus der Maschinenfabrik von Vandenkerchove in Gent besonders auf, wovon die eine, eine einfache eincylindrige Maschine in Gang befindlich war, und die zweite, mit zwei Cylindern nach Woolf'schem System construirte sich ebensowohl durch gute Ausführung, als durch sinnreiche Details der Construction auszeichnete.

Das Woolf'sche System ist seither bekanntlich hauptsächlich bei stehenden Maschinen angewendet worden und seine Uebertragung auf das System der liegenden Maschinen hat nicht durchaus Glück gehabt. Man legte nämlich zuerst die beiden Cylinder nebeneinander und verband ihre beiden Kolbenstangen durch ein und dasselbe Querhaupt, so daß der Dampf denselben Weg wie bei den Woolf'schen Balanciermaschinen nehmen, nämlich aus dem Obertheil des einen Cylinders in das Untertheil des andern Cylinders übertreten mußte, oder man stellte die beiden Cylinder voreinander, so daß die Kolben an einer und derselben Kolbenstange steckten, wodurch übrigens in Bezug auf den Weg des Dampfes nichts geändert wurde. Bei allen derartigen Arrangements, wo die Kolben sich in derselben Richtung bewegen, ist das Kreuzen der Dampfcanäle nicht zu vermeiden, wodurch natürlich der schädliche Raum vergrößert wird. Dieser Uebelstand wird vermieden, wenn man die Kolben sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen läßt, indem dann die Dampfcanäle eine directe Verbindung der Cylinder herzustellen haben, was mit möglichst geringen schädlichen Räumen zu erzielen ist.

Letztere Construction hat nun Vandenkerchove bei der auf Tafel 4 abgebildeten, hier näher zu beschreibenden Maschine gewählt *) und dieselbe hat sich bereits bei einigen von einem andern belgischen Maschinenfabrikanten, Landtsheere, der schon auf der Londoner Ausstellung vom Jahre 1862 durch Zeichnungen dieser Maschine vertreten war, gebauten Woolf'schen Maschinen bestens bewährt.

Unsere Tafel zeigt in

Fig. 1 eine Seitenansicht dieser Maschine mit durchschnittenem Condensator,

Fig. 2 eine obere Ansicht,

Fig. 3 einen Querschnitt durch die beiden Dampfcylinder nach der durch ein Ventil gelegten Ebene 1—2,

Fig. 4 einen verticalen Querschnitt durch die Cylinder nach der Ebene 3—4, in welcher das Dampfzulaßventil steht,

Fig. 5 einen horizontalen Schnitt durch die beiden Dampfcylinder in der Ebene der Cylinderaxen,

Fig. 6 eine Seitenansicht des hinteren Endes des großen Cylinders sammt Condensator, Steuertheilen u. s. w.

Die beiden Cylinder A und B liegen auf einer großen gußeisernen Grundplatte C, welche überdies die beiden Führungen für die beiden Kolbenstangen und drei Lagerböcke für die Schwungradwelle trägt.

Da letztere zwei, nach entgegengesetzter Seite gerichtete Kurbeln erhalten mußte, so ist sie nicht aus einem Stück angefertigt worden. Sie besitzt zunächst ein gerades, das gezahnte Schwungrad E tragendes Stück D, auf dessen Kopf die Hauptkurbel F aufgesteckt ist, an deren Warze die Bleulstange B' des großen Cylinders B angreift. Hieran schließt sich ein schmiedeeisernes Stück Welle G mit der Kröpfung für die Bleulstange A' des kleinen Dampfkolbens, einer zur Verbindung mit der Warze der Kurbel F dienenden Kuppelungskurbel und einer in entgegengesetzter Richtung sitzenden kleinen Kurbel zur Bewegung der Luftpumpe. Der Constructeur hält diese, wie eine einzige gekröpfte Welle arbeitende Combination für vorzüglicher als eine aus einem Stück bestehende Welle, weil es leichter sei, die Nachtheile etwaiger Senkungen und Verschiebungen zu

*) Obwohl der Oesterreichische Bericht über die Weltausstellung zu Paris bereits Zeichnungen dieser Maschine veröffentlicht hat, so glauben wir doch durch diese Mittheilung manchem unserer Leser noch Neues zu bieten. D. Red.

beseitigen; die Kuppelungskurbel ist nämlich mit der Kurbel F durch einen Schleppbügel verbunden, wie aus Fig. 1 zu ersehen ist.

Die Dampfvertheilung erfolgt bei dieser Maschine durch ein dreifaches System von Obturatoren, nämlich mittelst zwei sich rasch öffnenden Ventilen a und a' für den Eintritt des Dampfes in den kleinen Cylinder, zwei in den Verbindungscanälen zwischen den beiden Cylindern thätigen Schiebern b und b' und zwei den Austritt der Dämpfe aus dem großen Cylinder nach dem Condensator regulirenden Schiebern c, c'. Außerdem dient ein Ventil d (Fig. 4) zum Reguliren des Dampfzutrittes aus dem Kessel nach dem Dampfhemde des kleinen Cylinders, somit als Absperrventil.

Zur Bewegung dieser Dampfvertheilungsorgane dient die quer unter dem Maschinengestell liegende Welle e (Fig. 1), welche durch zwei Paar Winkelräder e^2 und e^3 an der schiefliegenden Welle e' von der Schwungradwelle aus getrieben wird. Dieselbe treibt wieder gewisse Wellen, welche die verschiedenen Ventile und Schieber in Gang setzen.

Für die Ventile a und a' ist nämlich eine Welle f bestimmt, welche längs des kleinen Cylinders liegt und mittelst des kurzen verticalen Wellchens f^1 und der Winkelräder f^2, f^3 von der Welle e aus getrieben wird. Für die Schieber b und b' ist die Bewegungsübertragung etwas complicirter. Ihre Schieberstangen sind nämlich an einem Rahmen g (Fig. 1 und 6) befestigt, der durch einen Hebel g' hin- und hergeschoben wird, wenn die Welle g^2, auf welcher Letzterer sitzt, durch den ebenfalls auf dieser Welle sitzenden Hebel h^2 in Oscillation versetzt wird, was von der Welle e aus mittelst der Excenter h' und des Bügels h geschieht. Durch einen dritten, mit den Hebeln g' und h^2 ein zweiarmiges Kreuz bildenden Hebel g^3 endlich werden die an der Stange c' sitzenden Austrittschieber c bewegt.

Schlüßlich sei noch der Luftpumpe I gedacht, welche nebst den beiden Speisepumpen J, J neben dem Maschinenfundamente aufgestellt ist. Die Speisepumpe ist der gleichförmigen Belastung wegen zweicylindrig construirt und die Luftpumpe steht durch ein in einem Canale des Fundamentes liegendes Rohr J' mit dem nahe am Cylinder aufgestellten Condensator H in Verbindung. Auch ist vom Regulator noch zu erwähnen, daß er auf Drosselventile wirkt, welche sich in den nach den Dampfeinlaßventilgehäusen führenden Rohren befinden.

Es erübrigt nun noch eine etwas genauere Beschreibung verschiedener Details.

Die beiden Cylinder sind nicht zusammengegossen, aber jeder hat einen angegossenen Mantel und sie sind durch die Flanschen der Kästen der Vertheilungsschieber b, b', welche nur einen sehr geringen Umfang besitzen, unter sich verbunden. Außerdem dient zu ihrer Verbindung noch ein Verbindungsrohr i, welches die Communication zwischen den beiden Dampfhemden herstellt.

Der kleine Cylinder, an welchem die Gehäuse der beiden Vertheilungsschieber und das letzterwähnte Verbindungsrohr angegossen sind, trägt auf der Außenseite noch drei angegossene Canäle j, j' und k, vor welche der lange Kasten L geschraubt wird, in dessen verschiedenen Abtheilungen die drei Ventile a, a' und d für den Eintritt und die Vertheilung des Dampfes sitzen.

Um die Circulation der Dämpfe deutlich zu machen, muß man die Construction dieser Ventile näher durchgehen. Jedes der Ventile a besteht aus zwei an derselben Stange sitzenden conischen Ventilen von verschiedenem Durchmesser, so daß sie durch die obere Oeffnung der Kästen, welche übrigens durch einen Deckel mit Stopfbüchse für die Ventilstange versehen ist, eingeführt werden können. Die broncenen Ventilsitze liegen in cylindrischen Kammern, welche in den rectangulären Abtheilungen des Kastens L frei schweben und mit den Canälen j durch eine Oeffnung zwischen den Ventilsitzen communiciren. Im Boden des äußeren Raumes befindet sich aber eine Oeffnung, welche durch ein Rohr mit Drosselklappe m' mit dem Rohre m in Verbindung steht, das in den Raum des Dampfhemdes führt.

Hiernach steht der Dampf, welcher das Dampfhemde füllt, mit den äußersten Abtheilungen des Kastens L, welche die Ventilgehäuse a, a' umschließen, in directer Verbindung. Sind die Ventile a, a' geschlossen, so ist der Dampf vom kleinen Cylinder abgesperrt, und sobald sie sich öffnen, so werden gleichzeitig zwei Eintrittswege für den Dampf frei, welcher dann durch die Dampfwege j, j' in den kleinen Cylinder treten kann.

Daß die Bewegung dieser Ventile durch die Excenter r, r' an der Welle f bewirkt wird, ist schon beschrieben worden. Die Excenter heben mittelst des Rahmens die in den kleinen Säulen M geführten und oben mit einem Gewichte belasteten Stangen n an und, da diese oben Arme n' tragen, welche sich in Schlitzen der Säulchen M bewegen und mit den Ventilstangen verbunden sind, so bewirkt das Anheben der Stangen n das Oeffnen der Ventile, während das Gewicht auf diesen Stangen einen raschen Schluß der Letzteren bewirkt. Dadurch, daß die Dämpfe von beiden Seiten auf diese Doppelventile drücken, öffnen sich dieselben so leicht als doppelsitzige Ventile.

Es ist nun noch zu beschreiben, durch welchen Mechanismus eine verstellbare Expansion im kleinen Cylinder ermöglicht wird. Dies geschieht dadurch, daß die Wellfüße nicht direct auf der Welle f befestigt sind, sondern auf einem langen Muffe r^2, welcher auf der Welle verschoben werden kann. Dieser Muff trägt in der Hälfte seiner Länge zwei Ringe, welche den Handhebel N zwischen sich fassen, dessen Drehpunkt in N' liegt, und welcher am oberen Ende mit

einem sich vor einem eingetheilten Bogen verschiebenden Zeiger versehen ist. Mittelst dieses Hebels verschiebt man den Muff auf der Welle nach rechts oder links und bringt dadurch schwächere oder stärkere Stellen des schraubenförmig gestalteten Muffes unter die Stangen n, was eine größere oder geringere Oeffnung der Ventile, also eine kürzere oder längere Einströmung der Dämpfe zur Folge hat.

Die dritte Abtheilung des Kastens L, welche gerade vor dem Dampfcanal k befindlich ist, umschließt ein gewöhnliches Absperrventil, welches per Hand mittelst der Schwungkurbel d^3 gestellt wird. Dieses Ventil verschließt die Oeffnung des Dampfrohres d' und läßt bei seiner Oeffnung den Dampf in das Hemde des kleinen Cylinders treten, aus welchem er wieder durch die Oeffnung i in das Hemde des großen Cylinders übertritt.

Von den Rohren m, durch welche der Dampf aus den Dampfhemden nach den Ventilen a und a' gelangt, ist noch zu erwähnen, daß sie von den untersten Punkten des großen Dampfhemdes ausgehen und etwas Gefälle besitzen, so daß sie auch zum Abblasen dieser Dampfhemden benutzt werden können. Sie sind deshalb an den Stellen, wo diese Röhren in die Drosselklappenrohre m' einmünden, mit Ablaßhähnen m^2 versehen.

Bisher ist nur von der Vertheilung des Dampfes beim kleinen Dampfcylinder die Rede gewesen, es erübrigt daher noch, auf die Vertheilung der Dämpfe beim großen Cylinder einzugehen.

Die zu diesem Zwecke angebrachten kleinen Schieber b und b' bestehen aus rectangulären Platten mit einem Loche bei halber Länge und bewegen sich auf Schieberspiegeln, welche ebenso wie die entgegengesetzte Wand, durch welche der Dampf aus dem kleinen Dampfcylinder austritt, mit zwei Schlitzen versehen sind. Von diesen Schlitzen führen zwei sich bald vereinigende Canäle nach den Eintrittsöffnungen am vordersten und hintersten Ende des Cylinders. Diese Schieber öffnen also bei ihrer Bewegung dem Dampfe gleichzeitig zwei Eintrittswege, weshalb sie bei gleicher Weite der Durchgangsöffnung keinen so großen Hub zu erhalten brauchten, als wenn blos ein Schlitz mit doppelter Weite vorhanden gewesen wäre.

Was die Schieber c anlangt, welche den Abfluß des Dampfes nach dem Condensator reguliren sollen, so spielen sie in den beiden Rohransätzen am unteren Umfange des großen Canales auf dem Spiegel des rectangulären Austrittscanales, welcher durch ein Knierohr mit dem Condensator in Verbindung gesetzt ist. Die Stange, an welcher die beiden Schieber sitzen, geht der Länge lang durch diesen Canal hindurch und wird, wie bereits angegeben, durch die Querwelle g^2 und den Hebel g^3 bewegt.

Vorstehende Beschreibung zeigt, wie sinnreich die Dampfvertheilungsorgane angeordnet sind, und wie zweckmäßig der Raum dabei ausgenutzt ist.

Die Luftpumpe ist einfach wirkend und besteht aus dem Kolbenrohre mit cylindrischer Warmwasser-Cisterne, wovon ersteres in einem Fußstücke mit Hilfe eines conischen Muffes befestigt ist. An dem Fußstücke befindet sich ein Rohransatz, an welchen das nach dem Condensator führende Rohr J' angestoßen ist. Die Luftpumpenkolbenstange trägt oben eine Traverse o, welche durch zwei parallele Rundstangen p geführt wird, und Letztere sind oben in der Fundamentplatte der Maschine, unten in Ohrflanschen an der Warmwassercisterne befestigt. An den Enden der Luftpumpenkolben-Traverse und völlig symmetrisch zu der Luftpumpe sind die beiden Speisepumpenkolben befestigt.

Der Centrifugalregulator K, dessen Einrichtung nichts Besonderes zeigt, befindet sich auf einer freistehenden Säule, in deren Axe seine Spindel sich dreht. Letztere wird durch ein Stück horizontale Welle und zwei Paar Winkelräder getrieben, wovon das eine Paar v seine Bewegung von der geneigten Welle e' mitgetheilt erhält. Der Regulator wirkt mittelst des üblichen Bewegungsmechanismus, dessen Hauptheile aus Fig. 1 zu ersehen sind, auf die Drosselklappen m'. Eine kleine vom Regulator getriebene oscillirende Welle q, welche in einen Winkelhebel s endigt, theilt nämlich mittelst der Zugstange s' und des Hebels t dem einen Drosselventile und mittelst der Zugstange u, eines zweiten Winkelhebels s^2 und der Zugstange s^3 dem Hebel t des zweiten Drosselventiles eine Drehbewegung mit, durch welche der Eintritt des Dampfes in die Gehäuse der Eintrittsventile der Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechend regulirt wird. Durch einfaches Verstellen einzelner Theile dieses Regulators kann aber auch eine directe Einwirkung auf den Expansionsgrad erzielt werden.

Der Hebel N (Fig. 3), durch welchen der die Excenter r und r' der Eintrittsventile tragende Muff per Hand verschoben werden kann, ist nämlich unterhalb der Drehaxe N' in dem einen Schenkel N^2 der Gabel verlängert und trägt am Ende eine Warze, auf welche die Zugstange u, welche das zweite Drosselventil bewegt, aufgesteckt werden kann, so daß dann der Centrifugalregulator (nach Aufhebung der Verbindung mit den Drosselklappen) direct auf den Mechanismus zur Regulirung der Expansion einwirkt.

Schlüßlich theilen wir noch einige Hauptdimensionen der dargestellten Maschine mit:

Durchmesser des kleinen Cylinders . .	0,275 Meter.
Querschnitt „ „ „ . .	594 Qu.-Cent.
Durchmesser des großen Cylinders . .	0,610 Meter.
Querschnitt „ „ „ . .	2929 Qu.-Cent.
Hub der Dampfkolben	1,200 Meter.

Verhältniß der Volumina der beiden Dampfcylinder . . . . 1 : 4,9.
Durchmesser der Zapfen an der Schwungradwelle . . . . . . 0,190 Meter.

Hiernach besitzt diese Maschine, wenn der Dampf mit 4 Atmosphären Kesselspannung und halber Füllung im kleinen Cylinder arbeitet, bei 30 Umdrehungen pro Minute circa 50 Pferdekräfte Leistung.

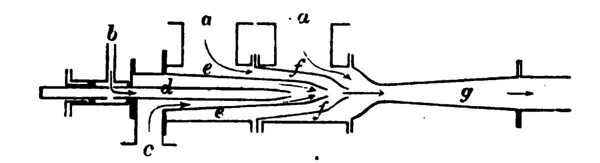
Ueber Alexander Morton's Ejector-Condensator.

In der Sitzung der Engineers of Scotland vom 25. November vergangenen Jahres hielt Professor W. J. Macquorn Rankine aus Glasgow einen Vortrag über eine neue Art von Condensatoren, welche bei den Dampfmaschinen eben so rasch Eingang finden dürften, als die Giffard'schen Injectoren, mit denen sie die größte Aehnlichkeit haben.

Das Princip, auf welchem dieser Condensator beruht, wird von Rankine in folgender Weise beschrieben:

Bei jedem Condensator mit Einspritzung strömt der Kaltwasserstrahl mit ungefähr 43 bis 44 Fuß Geschwindigkeit in das Vacuum ein, der verbrauchte Dampf geht aber mit einer noch vielmal größeren Geschwindigkeit aus den Cylindern nach dem Condensator. Bei dem gewöhnlichen Condensator wird diese Geschwindigkeit des Wassers und des Dampfes gänzlich vernichtet und ihre Arbeit dadurch aufgezehrt, daß die im Condensator enthaltenen Fluida in Bewegung gesetzt werden und Wärme erzeugt wird, weshalb es nöthig ist, zur Entfernung des Wassers und nichtcondensirten Dampfes aus dem Condensator eine Luftpumpe daran anzubringen. Die zur Bewegung einer gut proportionirten und gebauten Luftpumpe erforderliche Betriebskraft ist erfahrungsmäßig einem Drucke von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Pfund, oder etwa durchschnittlich 0,6 Pfund pro Quadratzoll gegen die Hinterseite des Dampfkolbens gleichzusetzen und dieser Kraftverlust entspringt aus der Vernichtung der in den nach dem Condensator strömenden Wasser- und Dampfstrahlen enthaltenen lebendigen Kraft. Bei dem Morton'schen Ejector-Condensator erfahren dagegen die Fluida bei ihrer Bewegung nach dem Condensator keine solchen Störungen und der Versuch zeigt, daß ihre lebendige Kraft genügend ist, um ohne Pumpen das ganze Wasser, die Luft und den nichtcondensirten Dampf aus dem Condensator zu entfernen und nach dem Heißwasserbassin zu treiben, so daß also die Kraft erspart wird, welche zum Betrieb einer Luftpumpe erfordert werden würde.

Die Haupttheile des Apparates sind aus dem beistehenden Holzschnitte zu ersehen. a, a sind die den verbrauchten Dampf aus den beiden Dampfcylindern abführenden Rohre, b ein Dampfrohr zur Ingangsetzung des Ejectors, c das Kaltwasserrohr. Das kalte Wasser tritt in dem Apparate durch ein Mundstück aus, welches denselben Querschnitt hat, als das Einspritzrohr eines gewöhnlichen Condensators für eine gleichstarke Maschine, also etwa den 250. Theil der Dampfkolbenfläche. Dieses Mundstück ist von zwei ähnlichen Mundstücken umgeben, in welchen der gebrauchte Dampf ausströmt (die Maschine, an welcher der Ejector versuchsweise angebracht war, besaß zwei Dampfcylinder), und diese Mundstücke haben etwas weitere Oeffnungen, als das innerste Mundstück. An das äußerste Mundstück schließt sich nun eine sich allmälig erweiternde Röhre g an, welche die Producte der Condensation nach der Heißwassercysterne abführt.



Die von Professor Rankine angestellten Versuche wurden an einer Maschine von 24 indicirten Pferdekräften Stärke mit zwei Cylindern von $10\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser und 18 Zoll Kolbenhub vorgenommen. Sie machte 93 bis 140 Umdrehungen pro Minute bei 30 bis 48 Pfund Ueberdruck pro Quadratzoll. Uebrigens wurde die Menge des Condensationswassers und seine Temperatur genau gemessen, so daß auch der ganze Dampfverbrauch berechnet und mit dem aus abgenommenen Indicatordiagrammen zu bestimmenden Quantum desjenigen Dampfes verglichen werden konnte, welcher wirklich Arbeit verrichtet hatte.

Für den zu prüfenden Condensationsapparat waren die Umstände insofern ungünstig, als die das kalte Wasser zuführende Röhre nicht genügend weit war, die Maschine also von Zeit zu Zeit angehalten werden mußte, um inzwischen das Kaltwasserbassin zu füllen.

Die Wirkung der Condensation wurde sowohl mittelst Vacuummesser, als durch Indicatordiagramme untersucht. Nach beiden Instrumenten besaß der linksstehende Dampfcylinder, welcher in den Raum zwischen den Mundstücken ee und ff (s. Holzschnitt) ausblies, ein vollkommeneres Vacuum als der andere, in das äußerste Mundstück ausblasende Dampfcylinder. Im Durchschnitt ergaben aber die Versuche Folgendes:

Mittleres Vacuum in Zollen Quecksilber . . .	24,5,
in Pfdn. pro Quadratzoll .	12,0,
mittleres Vacuum in den Cylindern auf der Rückseite, nach Indicatordiagrammen in Pfunden	10,7,
daher mittlerer Gegendruck auf die Rückseite des Kolbens in Pfunden pro Quadratzoll . .	4,05,
da der atmosphärische Druck betrug:	14,75.

Der mittlere Gegendruck schwankte zwischen 3 und $4^1/_2$ Pfund pro Quadratzoll und das ist ein eben so gutes Verhältniß als bei den gewöhnlichen Condensatoren, woraus sich ergiebt, daß der neue Ejector den ausblasenden Dampf zum mindesten eben so gut condensirt und entfernt.

Ein Uebelstand lag für die geprüfte Maschine in dem Mangel aller Verpackung und Ueberhitzung, denn unter diesen Umständen wird ein beträchtlicher Theil des Dampfes beim Eintritte in den Cylinder condensirt, geht aber beim Rückgange wieder in Dampf über und vermittelt so den Austritt von Wärme aus dem Dampfkessel in den Condensator, ohne daß diese Arbeit verrichtet, während dadurch doch der Condensator weit stärker belastet wird.

Wie die folgende Tabelle zeigt, hat Professor Rankine die Menge des gesammten verbrauchten Dampfes aus der Temperaturerhöhung des Condensationswassers berechnet und gefunden, daß dieselbe im Mittel $2^1/_2$ mal so groß ist, als die im Cylinder Arbeit verrichtende Dampfmenge, welche sich aus den Indicatordiagrammen bestimmen läßt. Für Maschinen, welche nicht an dem erwähnten Mangel leiden, würde der neue Condensationsapparat sicher noch bessere Resultate geben.

Data über die Maschine u. s. w.

Dampfkolbenquerschnitt	80 Quadratzoll,
Kolbenhub	1,5 Fuß,
Kaltwassermundstück, Durchmesser . .	0,9 Zoll,
Kaltwasserbassin, Querschnitt . . .	28 Quadratfuß,
mittlere Saughöhe	5,25 Fuß,
Abflußröhre g, Durchmesser in der Einschnürung	0,9375 Zoll,
Durchmesser an der Oeffnung .	3,0 „
Kaltwasserzufluß im Mittel pro Secunde	11,94 Pfund,
Geschwindigkeit im Mundstück in Fußen pro Secunde	43,2,
entsprechende Geschwindigkeitshöhe . .	29 Fuß,
daher ganze Hubhöhe, incl. 5,25 Fuß Saughöhe	34,25 „
entsprechender Druck pro Quadratzoll .	14,845 Pfund,
Temperatur in Fahrenheitschen Graden	47,
Arbeit, welche beim Heben des Wassers zu verrichten ist, 11,94 . 34,25 . .	408,95 Fußpfund
	= 0,744 Pferdekraft.

Versuchsreihe.	Rechter Cylinder. A	Rechter Cylinder. B	Linker Cylinder. C	Linker Cylinder. D	Linker Cylinder. E
Nummer der Diagramme	1	2. 3 / 4. 5	6	7. 8	9
Umdrehungszahl pro Minute	130	93	ca. 140	107	108
Dampfspannung (Ueberdruck in Pfdn. pr. Qu.-Zoll) . .	34	32 bis 38	—	35	40 bis 30
„ absolute	48,75	46,75 bis 52,75	—	49,75	54,75 bis 44,75
Vacuum (unter Atmosphärendruck, Pfd. pr. Qu.-Zoll) . .	*) 12,03 / 11,54	12,4 / 12,1	— / —	12,3 / 11,8	—
„ absolutes	*) 2,72 / 3,21	2,35 / 2,65	— / —	2,45 / 2,95	—
Mittlerer Gegendruck	4,25	3,12	4,50	4,38	4,00
Absoluter Druck beim Austritt (of release)	10,75	10,80	8,75	12,00	10,50
„ „ zum Anfang	42,75	38,25	32,75	42,75	42,75
Mittlerer effectiver Druck	15,25	14,83	9,85	16,78	15,90
Mittlerer absoluter Druck	19,50	17,95	14,35	21,16	19,90
Temperatur des abfließenden Wassers (Fahrenheit) . . .	86,5	80,5	—	88,0	91,0
Erhöhung der Temperatur des Wassers	39,5	33,5	—	41,0	44,0

*) Die erste Angabe gilt für den linken, die andere für den rechten Cylinder.

Versuchsreihe.	Rechter Cylinder. A	B	Linker Cylinder. C	D	E
Wärmeverlust durch das pro Minute abfließende Wasser in engl. Einheiten	28298	23999	—	29372	31522
Kolbengeschwindigkeit in Fußen pro Minute	390	279	420	321	324
Last auf einem Kolben in Pfunden	1220	1186,4	788	1342,4	1272
Indicirte Arbeit Fußpfunde pro Minute	951600	662012	661920	861820	824256
„ „ Pferdekräfte	28	20	20	26	25
„ „ ausgedrückt in Wärme	1233	858	858	1116	1068
Ganzer Wärmeverbrauch pro Minute in engl. Einheiten	29531	24857	—	30488	32590
Wirkungsgrad der Maschine	0,042	0,035	—	0,037	0,033
Verbrauchtes Dampfquantum in Cbkfußen pro Minute nach den Diagrammen	433	310	467	357	360
Gewicht dieser Dampfmenge in Pfunden	12,4	8,9	10,9	11,2	10,0
Temperatur des Dampfes am Ende des Hubes	197°	197°	187°	202°	196°
Wärme, welche in 1 Pfund dieses Dampfes enthalten ist, nach der Temperatur des abgehenden Wassers	1087	1093	—	1086	1082
Wärmemenge der Condensation der Dämpfe	13479	9728	—	12163	10820
Wärmemenge, welche im abgehenden Wasser verloren geht (wie oben)	28298	23999	—	29372	31522
Wirklicher Dampfverbrauch in Pfdn. pro Minute, berechnet aus der Wärme des abgehenden Wassers	26,0	22,0	—	27,0	29,1
Verhältniß zwischen dem wirklich condensirten und dem indicirten Dampfquantum	2,10	2,47	—	2,41	2,91
Ersparniß an Arbeit in Fußpfdn. pro Minute durch Wegfall der Luftpumpe (nach 0,6 Pfund Belastung des Dampfkolbens berechnet)	37440	26784	40320	30816	31104
Desgl. in Pferdekräften	1,13	0,81	1,22	0,93	0,94.

Hiernach ergaben sich folgende

Durchschnittsresultate:

Mittlere Ersparniß an Arbeit durch Wegfall der Luftpumpe in Pferdekräften	1,0
Mittlere Leistung der Maschine in Pfkr.	23,8
Mittlerer Widerstand in Pfdn. pro Quadratzoll	4,05
Mittl. Vacuum in den Cylindern „ „	10,7
„ „ nach dem Vacuummesser pr. Qu.-Zoll	12,0
„ „ in Zollen Quecksilbersäule	24,5
Von der indirecten Leistung kommen auf das Vacuum in den Cylindern	$^2/_3$
Temperatur des kalten Wassers in Fahr.-Graden	47
Mittlere Temperatur des abgehenden Wassers	$83^1/_2$
Mittlere Zunahme der Temperatur	$36^1/_2$

Nach diesem Vortrage bemerkte der Erfinder noch, daß beim Anlassen dieses Condensators bisweilen anfangs das Hauptdampfventil geschlossen werden müsse, wenn ein Vacuum in den Cylindern sei und das Wasser dahin steigen wolle. Er habe deshalb bei b einen Regulator angebracht mit einem Ventilkolben, welcher durch eine Feder geöffnet werde, wenn das Vacuum im Cylinder abnehme. Wenn Jemand zufällig einen Hahn öffne und Luft einlasse, so gestatte die Abnahme des Vacuums im Condensator dem Ventil, sich zu öffnen und einen Dampfstrahl durch d einzulassen, welcher das Vacuum wieder herstelle. Die Spindel d in der Axe gestatte die Absperrung des kalten Wasserstrahles. Uebrigens koste solch ein Apparat etwa ein Viertheil von einem gewöhnlichen Condensator und unter günstigen Umständen sei das Vacuum auch auf 27 und 28 Zoll gestiegen. Der Wasserverbrauch sei nicht größer als sonst, was aber Prof. Rankine und Mr. Howden deshalb bezweifeln, weil das abgehende Wasser eine niedrigere Temperatur besitze, als bei Einspritzcondensatoren.

D. Rowan sprach die Befürchtung aus, daß der neue Condensator in Bezug auf Oekonomie ungünstiger arbeiten werde, als der ältere, da derselbe zum Betriebe vielleicht mehr Dampf brauche, als eine Luftpumpe und da er zweitens wahrscheinlich mehr kaltes Wasser verlange und dieses nicht so hoch erwärme; Morton entgegnete

aber, daß ja zum Betriebe der ausgeblasene Dampf verwendet werde, und daß man eine höhere Temperatur des Wassers erreichen könne, wenn man einen zu kleinen Condensator anwende.

Mr. Downie hob als einen besondern Vortheil des Ejectors hervor, daß derselbe für schnell gehende Dampfmaschinen, bei denen die Anwendung einer Luftpumpe Schwierigkeiten bereite, sehr geeignet sei, indem die Versuchsmaschine auf den Albert-Werken ohne Anstand 250 Umdrehungen gemacht habe. Ebenso sei derselbe ein Gewinn für liegende Dampfmaschinen, bei denen Luftpumpen unbequem anzubringen seien.

Mr. Kirk lobte den neuen Condensator ebenfalls und nannte ihn die größte Verbesserung, welche seit Watt an Dampfmaschinen gemacht worden sei, bemerkte auch, daß er sich seiner Leichtigkeit und Raumersparniß wegen für Schiffsmaschinen sehr empfehle.

(Nach the Engineer vom 1. Jan. 1869.)

Versuche über die Bewegung des Leuchtgases in langen Röhren,

angestellt in den Werken der Pariser Gascompagnie

von

Arson, Monard und Honoré.

(Nach Armengaud, Publication Industrielle, vol. XVIII.)

Bei der großen Steigerung, welche die Verwendung des Gases zu Leucht- und Heizzwecken erfahren hat, ist die Vertheilung des Gases ein sehr wichtiger und sehr kostbarer Artikel für die Gasfabriken geworden und dennoch entbehrten die Gastechniker gar sehr genügender wissenschaftlicher Unterlagen zur Entwerfung eines möglichst rationellen und ökonomischen Röhrennetzes. Ebenso ist die Fortleitung des Leuchtgases auf große Entfernungen eine schwierige Aufgabe für den Gastechniker, da über die Bewegung des Gases in Röhren bei weitem noch nicht so viele und gründliche Versuche angestellt worden sind, als über die Bewegung des Wassers in Röhren.

Die von Girard im Jahre 1821 veröffentlichten Versuche beziehen sich nämlich nur auf sehr enge Röhren (Flintenläufe), so daß die Anwendung der Ergebnisse auf weite gußeiserne Röhren kaum zulässig erscheint. D'Aubuisson's Versuche vom Jahre 1827 sind zwar mit weiteren Röhren angestellt, aber sie werden dadurch unsicher, daß die ausgeflossenen Gasvolumina blos berechnet sind, die bei der Bestimmung der Ausflußmengen begangenen Fehler sich also auch auf die Bestimmung der Widerstände übertragen. Ueberdies ging d'Aubuisson auch noch von der Ansicht aus, daß die Beschaffenheit der Wandungen der Röhren ohne Einfluß auf die Bewegung des Gases sei, und es blieb daher zweifelhaft, ob die von ihm mit 5 Centimeter weiten Weißblechröhren gefundenen Formeln auf weite gußeiserne Röhren anwendbar seien. Auf diesen Punkt hat auch Peclet bei der Besprechung der d'Aubuisson'schen Versuche in seinem Traité de la chaleur considerée dans ses applications aufmerksam gemacht, indem er auf die Verschiedenheit der Coefficienten hinweist, welche Girard für gußeiserne und schmiedeeiserne Röhren gefunden hat.

Die Ingenieurs waren daher in Ermangelung directer Versuche auf die Sammlung eigener Erfahrungen verwiesen. Mayniel, ein ehemaliger Ingenieur der französischen Gasbeleuchtungs-Gesellschaft zu Paris, beobachtete zu dem Ende die Abnahme des Druckes, welche das aus der Gasbereitungsanstalt des Faubourg Poissonnière nach dem Postadministrationsgebäude geleitete Gas in einer gußeisernen Röhrenleitung von 216 Millimetern Durchmesser erfuhr, von welcher kein anderer Strang abgezweigt war, und diese Beobachtung gestattete ihm die Bestimmung eines für ähnliche Anlagen brauchbaren Erfahrungscoefficienten.

Es zeigte sich aber, daß hiermit die wahren Gesetze der Bewegung des Gases in Röhren noch nicht aufgefunden waren, denn bei Versuchen, welche in den weiten Leitungsröhren zu Paris angestellt wurden, fand man einen viel geringeren Spannungsverlust, als in den 216 Millimeter weiten Röhren der Gasleitung für das Postamt, und war nur darüber noch unklar, ob nicht vielleicht diese geringeren Verluste auch dadurch zu erklären seien, daß die weiten Röhren aus Blech gefertigt und inwendig angestrichen waren.

Um diese Zeit wurde das Werk von Clegg über Gasbeleuchtung, in welchem zahlreiche Versuche speciell mitgetheilt sind, durch die Servier'sche Uebersetzung in Frankreich bekannt und mit vielem Interesse aufgenommen. Dasselbe brachte aber ebenfalls noch keine Lösung der schwebenden Frage, bewies jedoch, daß der Durchmesser der Röhrenleitung von großem Einflusse sei, und richtete von Neuem die Aufmerksamkeit auf die Nothwendigkeit umfassender Versuche, welche denn neuerdings in den Werken der Pariser Gasbereitungsgesellschaft von dem Oberingenieur der Gesellschaft, Herrn Arson, unter Beihilfe der Ingenieurs Monard und Honoré ausgeführt und in einer von der Gesellschaft der Civilingenieure mit der goldenen Medaille gekrönten Abhandlung niedergelegt worden sind.

Beschreibung der Versuche.

Um in langen Röhrenleitungen von bedeutendem Durchmesser auf die Zeit der Beobachtung eine gleichförmige Bewegung und gleichförmigen Druck zu erzielen, mußte das Gas aus einer Quelle entnommen werden, welche einen constanten Ausfluß lieferte, es mußte also hierzu das Gasometer benutzt werden. Dasselbe konnte überdies als directes Mittel zum Messen der ausgeflossenen Gasmengen dienen, sofern diese Ausflußmengen in einem passenden Verhältnisse zum Inhalte des Gasometers standen. Man bediente sich daher anfangs eines neuen, 15000 Cubikmeter fassenden Gasometers in der Gasanstalt zu Saint-Mandé.

Eine Locomobile, welche einen Beale'schen Erhaustor bewegte, diente zur Füllung des Gasometers mit Luft, wenn es gänzlich geleert war.

Diese ersten Versuche, welche sich auf sehr weite Röhren bezogen, wurden nämlich mit Luft angestellt, deren Dichtigkeit durch Messung der Temperatur und Spannung mittelst sehr genauer Instrumente sorgfältig bestimmt wurde.

Um etwaige Unregelmäßigkeiten im Niedersinken der Gasometerglocke unschädlich zu machen, beobachteten zwei, diametral gegenüberstehende Gehilfen auf ein gegebenes Zeichen gleichzeitig den Niedergang der Glocke und zogen das Mittel aus ihren Beobachtungen.

Die Röhrenleitungen lagen zu ebener Erde in gerader Linie und waren bis zu 100 Meter lang. Ihre Abzweigung von dem Austrittsrohre des Gasometers erfolgte durch ein nicht mit zur Versuchsröhre gerechnetes Stück Rohr und die Anfangsspannung wurde am Anfange der geraden Leitung beobachtet, da, wo die Kniee und Richtungswechsel keinen merklichen Einfluß mehr haben konnten.

Bei diesen Versuchen benutzte man Röhren von 500 und 325 Millimetern Durchmesser; Versuche an engeren Röhren mißglückten, indem dabei offenbar Fehler untergelaufen waren, welche muthmaaßlich bei der Bestimmung der Ausflußmenge begangen worden waren. Das benutzte Gasometer war nämlich von unverhältnißmäßiger Größe im Vergleiche zu den engen Röhren und seine unregelmäßigen Angaben verdarben alsdann die Versuche. Uebrigens rückte auch die Zeit heran, wo die Erforderniſſe des Dienstes die Benutzung des bei den Versuchen verwendeten Gasometers zu seinem eigentlichen Zwecke verlangten, und die zur Vervollständigung der angefangenen Arbeit bestimmten Versuche sollten im folgenden Jahre in der Gasanstalt zu la Villette mittelst eines andern neuen und noch nicht in Betrieb gestandenen Gasometers ausgeführt werden.

Bei diesen Versuchen bediente man sich wiederum eines Gasometers als Speisebassin, nicht nur weil man sich von der Brauchbarkeit der Gasometer zu diesem Zwecke und zur Erzeugung eines gleichförmigen Ausflusses zu Saint-Mandé überzeugt hatte, sondern besonders auch, weil man mit Leuchtgas selbst arbeiten wollte. Für das Messen des Volumens der ausgeflossenen Gasmenge mußte man sich aber einer anderen, n richtigeren Verhältnissen zu den Dimensionen der Leitungsröhre stehenden Methode bedienen und hat zu einem Gaszähler seine Zuflucht genommen. Die Gasuhren der Fabriken sind nämlich schon beträchtliche Gasmengen, beispielsweise 1000 Cubikmeter pro Stunde, zu messen im Stande. Um aber genauere Angaben zu erhalten, wendete man mehrere Gasuhren von verschiedenen Größen und passender Leistungsfähigkeit an.

Das Gas oder die Luft durchströmte bei ihrem Austritte aus dem Gasometer zunächst die Versuchsröhrenleitung und ging dann durch den Gaszähler, welcher die Ausflußmenge maaß. Ein genaues Barometer, empfindliche Thermometer und eine Secundenuhr waren die sonst noch erforderlichen Instrumente.

Auf die mit Blei gedichteten Röhren wurde während der Versuche alle Aufmerksamkeit verwandt und ihre Dichtheit durch Aufgießen von Seifenwasser auf die Röhrenwechsel geprüft.

Zum Messen der Spannungen bediente man sich besonderer Instrumente, welche eine nähere Beschreibung verdienen, indem diese von dem berühmten Gasuhrenfabrikanten Brunt gelieferten Instrumente zum Messen von Spannungsdifferenzen von nicht mehr als Hundertel-Millimetern Wassersäule geeignet sind. Sie bestehen aus einer schwimmenden Glocke, deren Sinken zunächst durch dreimal so starke Wassersäulenveränderungen erkannt wird. Eine auf der Glocke befindliche Zahnstange bewegt ein großes Zahnrad, dessen Axe einen Zeiger trägt. Dieser zeigt auf einem ersten Zifferblatte in sehr deutlich wahrnehmbarer Größe die zurückgelegten Centimeter und das große Rad treibt weiter ein Getriebe, an dessen Axe ein Zeiger sitzt, welcher an einem Zifferblatte Hundertel-Millimeter Wassersäule ablesen läßt. Diese Instrumente sind übrigens so vorzüglich

ausgeführt, daß der Spielraum zwischen den Zähnen die Ablesung nur um wenige Hundertel-Millimeter Wassersäule unsicher machen kann, wenn inzwischen ein Rückgehen eintreten sollte. Sie besitzen ferner auf ihrer Vorderseite gewöhnliche Manometer mit weiten Röhren, sodaß es möglich ist, die Angaben des Multiplicators mit denjenigen zu vergleichen, welche der directe Druck liefert. Mit Hilfe dieser Controle, welche in sehr ausgedehnter Weise durchgeführt worden ist, ist die vollkommene Genauigkeit des Multiplicators und seine Empfindlichkeit nachgewiesen worden. Die Glocke ist aus einem einzigen Stück Metallblech hergestellt, daher sehr gleichförmig in der Weite, und bietet in jeder Höhe genau gleiche Querschnitte, wie sie erforderlich sind, wenn das Instrument accurate Angaben geben soll.

Auch zu la Villette waren die Versuchsröhrenleitungen in einer geraden Linie auf einem genau nivellirten Terrain von solcher Ausdehnung verlegt, daß Röhrenlängen von 300 Metern hergestellt werden konnten. Die Verbindung mit dem Gasometer war ebenso wie zu Saint-Mandé durch einen bei den Versuchen nicht mit benutzten Strang hergestellt.

Die Versuche über die Bewegung in weiten Röhren wurden ebenfalls mit Luft angestellt, und diejenigen, welche mit 81 und 50 Millimeter weiten Röhren gemacht wurden, wurden noch besonders mit Leuchtgas wiederholt. Auf diese Weise war es möglich, das Gesetz zu entdecken, daß der Reibungsverlust der Dichtigkeit proportional ist.

So natürlich diese Dispositionen schienen, so konnte dabei doch etwas übersehen worden sein, was später Bedauern erregt hätte, oder sie konnten vielleicht noch nicht genügend erscheinen, deshalb wurde vor dem Beginne der Versuche das Urtheil der Mitglieder des Vereines der Civilingenieure eingeholt. In Mitte des Vereines traten auch in der That Ansichten hervor, welche gewisse Vorstudien nothwendig erscheinen ließen, und die damaligen Untersuchungen gewährten zunächst den Vortheil, die entstandenen Schwierigkeiten zu beseitigen, indem sie keinen Einwurf, welcher die Zuverlässigkeit der zu erzielenden Resultate anzweifeln konnte, bestehen ließen, bestätigten auch durch directe Beobachtungen ein Princip der Hydrodynamik, welches zwar an sich klar ist, dessen Nachweis auf experimentellem Wege aber besonderes Interesse erweckt.

Was die Einwürfe gegen die beabsichtigte Versuchsmethode anlangt, so war es besonders folgender: Wenn man in die Wand einer Röhrenleitung ein Manometerrohr steckt, so ist es zweifelhaft, ob dasselbe denjenigen Druck angiebt, welcher allen Fäden des durchfließenden Stromes zukommt, denn man beobachtet, daß die von einem in das Rohr versenkten Manometerrohre angegebene Pressung mit der Tiefe der Eintauchung des aufnehmenden Rohrschenkels variirt. Wenn nun aber in einem Querschnitte des Stromes verschiedene Stärken des Druckes beobachtet werden, welches ist derjenige Druck, der dem ganzen Querschnitte zukommt, oder wie findet man denselben?

Dieser Einwurf schien so wichtig, daß vor Allem darüber eingehende Untersuchungen vorgenommen werden mußten. War er begründet, so mußte ohne Zweifel die Methode der Versuche geändert werden. Man hätte z. B. die Gase aus dem Zustande der Ruhe ausgehen lassen und wieder in den Zustand der Ruhe zurückführen müssen, indem man sie aus einem großen Reservoir in ein anderes ausströmen ließ. Dadurch wären aber wieder andere Hindernisse eingeführt worden, indem die Unsicherheit in der Bestimmung der Geschwindigkeiten beim Austritte, die noch unbekannten Widerstände in den Knieen u. s. w. neue erhebliche Schwierigkeiten für die zu erhebenden Thatsachen und neue Möglichkeiten von Irrthümern hinzugefügt hätten.

Solche Complicationen mußten vermieden werden und es war daher wünschenswerth, durch Versuche die Richtigkeit des Principes zu prüfen, wonach Flüssigkeitsfäden, welche sich geradlinig, parallel und gleichförmig bewegen, demselben Drucke ausgesetzt sein sollen, wie verschieden auch immerhin ihre Geschwindigkeiten sein mögen (Belanger).

Ueber diesen Punkt sind folgende Betrachtungen anzustellen. Wenn obiges Princip richtig ist, und wenn trotzdem das Manometer bei der angegebenen Verwendungsweise verschiedene Drucke angiebt, so muß seine Anzeige durch irgend welche Einflüsse gefälscht werden. Nun führt man den Schenkel der Heberröhre perpendiculär in die Röhre ein, es ist also zu vermuthen, daß hierin ein Fehler liegt. Vielleicht findet dann derselbe Vorgang statt, wie bei der Röhre von Dubuat, wenn sie vertical in eine bewegte Flüssigkeit gehalten wird, wobei bekanntlich das Niveau der Flüssigkeitssäule in der Röhre unter das allgemeine Niveau sinkt. Wenn dieser Vergleich zutraf, so mußte die störende Ursache auch dieselbe sein, und wenn man diese zu beseitigen im Stande war, mußten dann auch die Unzuverlässigkeiten der Angaben schwinden.

Nun schiebt Belanger die Ungenauigkeit der Angaben der Dubuat'schen Röhre auf die Ablenkung, welche die Fäden bei ihrem Anstoße an die Röhre erfahren, und durch welche diese Fäden genöthigt werden, eine krummlinige Bahn unter der Mündung der Röhre zu beschreiben, wo sie dann auf die Röhre nicht mehr den Druck auszuüben im Stande sind, welcher in der entsprechenden horizontalen Ebene stattfindet. Gelänge es also, diese Ablenkung der Fäden vor der Mündung der Röhre zu beseitigen, so würde auch der Druck angezeigt werden, welcher der bezüglichen Schicht der Flüssigkeit entspricht.

Nach dieser Hypothese war die experimentelle Untersuchung eine leichte Aufgabe; man brauchte nur die Manometerröhre in einer dünnen ebenen Platte endigen zu lassen,

welche die vor der Mündung vorbeigehenden Flüssigkeitsfäden von denjenigen trennte, welche an der Röhre selbst vorbeigingen, um Erstere vor dem Einflusse der Letzteren zu bewahren, ohne daß hierdurch eine Störung in der gemeinsamen Bewegung herbeigeführt wurde. Der Versuch wurde gemacht und bestätigte vollkommen die theoretischen Voraussetzungen, welche eben vorgetragen wurden. Es wurde nämlich ein am untern Ende mit einer Scheibe von 50 Millimetern Durchmesser versehenes Rohr in ein 500 Millim. weites Rohr, in welchem sich die Luft mit einer mittleren Geschwindigkeit von 12 Metern pro Secunde bewegte, eingeführt und damit der in verschiedenen Schichten herrschende Druck untersucht, wobei durchgängig derselbe Druck gefunden wurde. Das bereits beschriebene sehr empfindliche Manometer, welches zur Erkennung möglicherweise eintretender und leicht zu übersehender, sehr schwacher Spannungsdifferenzen bestimmt war, bestätigte die vollkommenste Gleichheit des Druckes. Daß dasselbe übrigens sehr empfindlich sei, erkannte man daraus, daß es in der Richtung der Axe des Rohres verschoben, sofort Veränderungen des Druckes um einige Hundertel Millimeter Wassersäule anzeigte. Andrerseits wurde der Versuch mit einem ebensolchen Manometerrohre ohne Scheibe wiederholt und es zeigten sich sofort Unterschiede im Drucke, welche durch Anwendung des Multiplicator-Apparates augenblicklich sehr merklich hervortraten.

Es war somit deutlich nachgewiesen, daß das Manometer den Druck so genau als nur wünschenswerth anzeigt, wenn man es an der Röhre so befestigt, daß es im Innern derselben nirgends hervorragt, sowie daß dieser Druck im ganzen Querschnitte derselbe ist.

In Folge dieser Entdeckung brauchte an dem Programm, welches für die zu la Villette auszuführenden Versuche aufgestellt worden war, nichts geändert zu werden und sie wurden durchgeführt. Um den Einfluß der Temperaturschwankungen auf die Versuche möglichst herabzuziehen, sind dieselben nicht im Sommer angestellt worden, wo die Sonne auf die freiliegenden Röhren zu stark eingewirkt hätte.

Bei allen als gelungen zu betrachtenden Versuchen ist die Temperatur notirt worden, welche das Gas beim Austritte besaß. Man kann also bezüglich des Einflusses dieser Ursache auf die Volumenveränderung des Gases behaupten, daß dasselbe beim Ausflusse dem Mariotte'schen Gesetze unterworfen gewesen sei, worauf die Belanger'sche Theorie beruht, und man war deshalb berechtigt, die Letztere zu Grunde zu legen.

Wahl der Formel.

Die ersten zu Saint Mandé angestellten Versuche mit weiten Röhren, welche nur eine beschränkte Ausdehnung besaßen, konnten sehr befriedigend durch die von d'Aubuisson angewendete Formel:

$$Q = K\sqrt{\frac{HD^5}{L\delta}}$$

wiedergegeben werden, aber die zu la Villette ausgeführten Versuche mit engeren Röhren ließen sich nicht durch dieselbe Formel mit den früheren verbinden, und so gern man dieselbe wegen ihrer Einfachheit und wegen des alten Vertrauens, welches sie genießt, beibehalten hätte, mußte man sie doch aufgeben. Dagegen gab die vollständige Formel, in welcher die Reibungswiderstände durch die erste und zweite Potenz der Geschwindigkeit ausgedrückt werden $(au + bu^2)$, sehr gut sämmtliche Beobachtungen wieder, nur blieben die Coefficienten a und b noch abhängig vom Durchmesser und mußten für verschiedene Durchmesser besonders bestimmt werden, während dann die für einen gegebenen Durchmesser ermittelten Werthe dieser Coefficienten für alle Geschwindigkeiten bis zu 12 Meter pro Secunde constant blieben.

Uebrigens erfuhren die Werthe der Coefficienten a und b beim Uebergange von einem Röhrendurchmesser auf den andern ganz allmälige und regelmäßige Aenderungen, für welche sich Curven construiren ließen, und wenn Letztere auch nicht durch eine einfache Formel dargestellt werden können, so können sie wenigstens als sich einem einfachen Ausdrucke sehr nähernd bezeichnet werden.

Wenn man nun annimmt, daß die Bewegung in parallelen Schichten erfolge, so führt die Theorie auf folgende Formel.

Betrachtet man einen Abschnitt der Flüssigkeit zwischen zwei Querschnitten AB und CD, deren unendlich kleine Entfernung ds in der Zeit δt durchlaufen wird. Ist der Druck auf $AB = \Omega P$, so ist derjenige auf $CD = \Omega(P + dP)$ und nennt man dz die Niveaudifferenz der beiden Querschnitte, π das Gewicht der Volumeneinheit Gas unter dem Drucke P, so läßt sich das Princip der Bewegung des Schwerpunktes ohne Weiteres anwenden, wenn noch für den Reibungswiderstand in der Röhre ein Ausdruck gefunden ist.

Dieser Widerstand ist nach Analogie der tropfbaren Flüssigkeiten der Contactfläche χds, der Dichtigkeit und der Größe $(au + bu^2)$ proportional zu setzen. Setzt man also nun den Zuwachs an lebendiger Kraft der Summe der Widerstände gleich, so folgt:

$$m\frac{du}{dt} = -\Omega dP - \pi\chi(au + bu^2)ds, \qquad (1)$$

und wenn man für m den Werth $\frac{\pi\Omega u dt}{g} = \frac{\pi\Omega ds}{g}$, für π den Ausdruck $\frac{P}{K}$ und für $\frac{\chi}{\Omega}$ den Ausdruck $\frac{4}{D}$

einführt, wo D den Durchmesser der Röhre bedeutet, so ergiebt sich

$$\frac{\mu du}{g} = -\frac{KdP}{P} - \frac{4}{D}(au + bu^2)\,ds. \quad (2)$$

Die Variabeln μ und P haben unter sich eine einfache Beziehung. Denn das Gewicht des ausgeflossenen Luftquantums $\pi\Omega u$ oder $\frac{P\Omega u}{K}$ ist constant und weil K und Ω sich nicht ändern, so muß Pu auch constant $= K_1$ sein.

Daher kann man schreiben

$$\mu = \frac{K_1}{P}, \quad du = -\frac{K_1 dP}{P^2} \text{ und}$$

$$\frac{K_1^2 dP}{gP} = KPdP + \frac{4}{D} bK_1^2 ds + \frac{4}{D} aK_1 P ds. \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

Hierin ist nur das Glied Pds nicht unmittelbar integrabel, weil die Größe des Druckes P längs der Röhrenleitung variirt; da aber diese Abnahme im Vergleich zu den Endwerthen eine geringe ist, so wird man nicht sehr irren, wenn man für P den Mittelwerth aus den Werthen P_0 und P_1 nimmt, welche dem Anfange und Ende der Leitung entsprechen. Bezeichnet nun noch L die Länge der Röhre und integrirt man die Gleichung unter obiger Voraussetzung, so erhält man

$$2{,}3026\,\frac{K_1^2}{g}(\text{Log.}P_1 - \text{Log.}P_0) = \frac{K}{2}(P_1^2 - P_0^2) + \frac{4bK_1^2L}{D} + \frac{4}{D}aK_1L\frac{P_0+P_1}{2}. \quad \ldots \quad (4)$$

Setzt man hierin $P_1 u_1$ für K_1, wobei sich P_1 und u_1 auf das Ende der Röhre beziehen, so erhält man:

$$\frac{u_1^2}{2g}\left(\frac{8bgL}{D} + 4{,}6052\,\text{Log.}\frac{P_0}{P_1}\right) = \frac{K}{2}\left[\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^2 - 1\right] - \frac{4L}{D}au_1\frac{P_0+P_1}{2P_1}, \quad \ldots \quad (5)$$

worin bedeutet:

$$K = \frac{10334}{1{,}293}\cdot\frac{1+at}{\delta} = \frac{7955}{\delta}(1+at). \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

Setzt man ebenso in Gleichung (4) $K_1 = P_0 u_0$, was sich auf den Anfang bezieht, so erhält man einen Ausdruck, welcher in directerer Beziehung zu den im Gasometer gemessenen Mengen steht, nämlich:

$$\frac{u_0^2}{2g}\left(\frac{8bgL}{D} + 4{,}6052\,\text{Log.}\frac{P_0}{P_1}\right) = \frac{K}{2}\left[1 - \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2\right] - \frac{4L}{D}au_0\frac{P_0+P_1}{2P_0}. \quad \ldots \quad (7)$$

Setzt man der Kürze wegen

$$\left.\begin{aligned} \frac{u_0^2}{2g}\,\frac{8bgL}{D} &= Ab \\ \frac{4L}{D}au_0\frac{P_0+P_1}{2P_0} &= Ba \\ \frac{u_0^2}{2g}\cdot 4{,}6052\,\text{Log.}\frac{P_0}{P_1} &= C \\ \frac{K}{2}\left[1-\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2\right] &= D \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (8)$$

so ergiebt sich für (7):

$$Ab + Ba = D - C = E. \quad \ldots \quad (9)$$

Für einen andern Versuch aber erhielte man

$$A'b + B'a = E'. \quad \ldots \quad (10)$$

Nun ergiebt sich aus (9):

$$a = \frac{E - Ab}{B}, \quad \ldots \ldots \quad (11)$$

und setzt man dies in (10) ein, so folgt

$$b = \frac{E'b - B'E}{A'B - B'A}. \quad \ldots \quad (11)$$

Auf diesem Wege sind folgende Werthe der Coefficienten berechnet worden:

Durchmesser.	Zahl der Versuche.	a	b	Beschaffenheit der Röhren.
0,500	27	0,000020	0,000246	Gußeisen.
0,325	31	0,000151	0,000326	"
0,254	4	0,000237	0,000359	"
0,103	7	0,000560	0,000480	"
0,081	10	0,000589	0,000489	"
0,050	5	0,000702	0,000595	"
0,050	4	0,000738	0,000845	Weißblech.

Wenn man diese Coefficienten graphisch aufträgt, so erhält man regelmäßig verlaufende Curven, aus denen leicht durch Interpolation Coefficienten für dazwischen liegende Werthe abgeleitet werden können. Es ist dies z. B. auch für die den Röhrendurchmessern 0,6 und 0,7 Meter entsprechenden Werthe von a und b so geschehen.

Uebrigens sind die Versuche mit gußeisernen Muffröhren von der im Handel vorkommenden Länge und Beschaffenheit angestellt worden und möglicherweise würden Röhren von anderen Längen und Verbindungsmethoden etwas andere Widerstände geben. Auch übt die Beschaffenheit der Innenfläche der Röhren einen entschiedenen Einfluß auf die Größe der Widerstände aus, und jede Veränderung im Zustande dieser Fläche muß sich bezüglich des stattfindenden Verlustes an Druckhöhe fühlbar machen. Hierüber ist ein Versuch mit einer 5 Centimeter weiten Weißblechröhrenleitung gemacht worden, der zugleich dazu dienen sollte, um die von d'Aubuisson ausgeführten Versuche mit den neueren, stärkere Widerstände gebenden Versuchen verbinden zu können. Das Ergebniß zeigt den beträchtlichen Einfluß derartiger Umstände.

D'Aubuisson hat nicht angegeben, in welcher Weise seine Röhren untereinander verbunden gewesen seien. Um nicht Fehler in die Resultate zu bringen, hat man sich bemüht, den Durchmesser so genau als möglich herzustellen und die Blechröhren dieserhalb mittelst umgelegter Ringe unter sich verbunden. Auch mit ordinären gußeisernen Röhren sind Versuche angestellt worden, bei denen auf Gleichheit der Durchmesser, Rohrlängen und Geschwindigkeiten besondere Rücksicht genommen war.

Diese beiden Versuchsreihen führten auf Resultate, wie sie von d'Aubuisson beobachtet und veröffentlicht worden sind, und bestätigten zugleich die Ergebnisse der neuen Versuche mit gußeisernen Röhren. Es ergeben sich nämlich folgende Werthe der Coefficienten:

	a	b
Gußeisen	0,000702	0,000593,
Weißblech	0,000738	0,000345,

wonach die Widerstände bei Weißblech etwa nur $^2/_3$ so groß sind, als bei Gußeisen.

Tabellen.

Im praktischen Leben scheut man sich so sehr vor complicirten Rechnungen, daß eine noch so gute Formel, wenn sie complicirt ist, fast unnütz ist, zumal wenn sie etwa wiederholtes Probiren fordert und zur Lösung viel Zeit kostet. Daher ist denn auch eine numerische Tabelle, welche ohne Mühe und zuverlässig alle möglichen Lösungen liefert, die einzige Form, in welcher eine so complicirte Formel, wie diejenige über die Bewegung der Gase in Röhren, vielen Technikern annehmbar gemacht werden kann, und es mußten also auch für die Gase ähnliche Tabellen berechnet werden, wie man für das Wasser besitzt.

Zur Erleichterung dieser Arbeit mußte man auf möglichste Vereinfachung der Formel bedacht sein. Da sich nun die Formel sehr vereinfacht, wenn man das Gas als nicht expansibel betrachtet, so wurde von dieser Voraussetzung Gebrauch gemacht. Dabei begeht man einen so geringen Fehler, daß er meistentheils zulässig erscheint. Berechnet man z. B. für eine Röhrenleitung von 50 Centimetern Weite und eine Luftgeschwindigkeit von 5 Metern pro Secunde diejenige Länge, auf welche der Druckhöhenverlust 0,0274 Meter beträgt, so erhält man

nach der genauen Formel 993 Meter,
nach der Tabelle 1000 „

Hieraus geht hervor, daß die Vereinfachung für die Praxis meistentheils zulässig sein wird. Bei derselben lautet Formel (7):

$$\frac{4L}{D} b u^2 = \frac{K}{2}\left[1-\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2\right] - \frac{4L}{D} a u \frac{P_0+P_1}{2P_0},$$

oder wenn man $P_1 = P_0 - p$ setzt,

$$\frac{4L}{D} b u^2 = \frac{K}{2}\left[\frac{2p}{P_0} - \frac{p^2}{P_0^2}\right] - \frac{4L}{D} a u \left(1-\frac{p}{2P_0}\right).$$

Berücksichtigt man nun, daß $\frac{p^2}{P_0^2}$ und $\frac{p}{2P_0}$ sehr klein gegen die positiven Größen sind, von denen sie abzuziehen sind, so kann man auch ohne erheblichen Fehler setzen:

$$\frac{4L}{D}(a u + b u^2) = \frac{Kp}{P_0} \quad \text{oder} \quad p = \frac{4L}{D}(a u + b u^2)\,\pi. \quad \ldots \ldots \quad (13)$$

Diese letztere Formel ist denn auch zur Berechnung der in den folgenden Tabellen aufgeführten Druckhöhenverluste benutzt worden.

Bei diesen Tabellen ist das Ausflußquantum als gegeben und Geschwindigkeit, sowie Druckhöhenverlust als gesucht betrachtet worden. Letzterer ist für atmosphärische Luft von der Dichtigkeit 1 und für Leuchtgas vom specifischen Gewicht 0,41 (gegen Luft) berechnet worden, da letztere

Ziffer nach 12 Beobachtungen für das mittlere specifische Gewicht gewöhnlichen Leuchtgases erhalten wurde. Uebrigens ist die Röhrenlänge zu 1000 Metern angenommen, so daß die Druckhöhenverluste für andere Längen durch eine einfache Proportion gefunden werden.

Tabellen des Druckhöhenverlustes in gußeisernen Röhren auf 1000 Meter Länge, bei 0° Temperatur und 0,76 Meter Barometerstand.

Durchmesser 5 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
0,5	0,254	2,23	0,91
1,0	0,509	5,28	2,16
1,5	0,764	9,12	2,74
2	1,018	13,74	5,63
2,5	1,273	19,17	7,86
3	1,528	25,41	10,41
3,5	1,782	32,40	13,28
4	2,037	40,23	16,49
4,5	2,292	48,82	20,01
5	2,546	58,23	23,87
5,5	2,801	68,45	28,06
6	3,055	79,43	32,57
6,5	3,310	91,23	37,40
7	3,565	103,83	42,57
7,5	3,819	117,17	48,04
8	4,074	131,37	53,86
8,5	4,329	146,37	60,01
9	4,584	162,17	66,49
10	5,093	196,07	80,38
11	5,602	233,17	95,60
12	6,111	273,43	112,10
13	6,620	316,87	129,92
14	7,130	363,59	149,07
15	7,639	413,40	169,49

Durchmesser 8,1 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
1	0,194	0,83	0,34
2	0,388	1,92	0,78
3	0,582	3,24	1,33
4	0,776	4,79	1,96
5	0,970	6,58	2,69
6	1,164	8,60	3,52
7	1,358	10,85	4,45
8	1,552	13,36	5,47
9	1,746	16,07	6,58
10	1,940	19,03	7,80
11	2,134	22,23	9,11
12	2,328	25,66	10,52
13	2,522	29,32	12,02
14	2,716	33,22	13,62
15	2,910	37,36	15,32
16	3,105	41,87	17,17
17	3,299	46,36	19,00
18	3,493	51,20	20,99
19	3,687	56,27	23,07
20	3,881	61,58	25,24
22	4,269	72,90	29,89
24	4,657	85,17	34,92
26	5,045	98,37	40,33
28	5,434	112,56	46,15
30	5,822	127,61	52,32
32	6,210	143,66	58,90
34	6,598	159,63	65,45
36	6,986	178,53	73,19
38	7,374	197,37	80,92
40	7,762	217,16	89,04

Durchmesser 10 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
1	0,127	0,40	0,16
2	0,254	0,88	0,36
3	0,382	1,43	0,58
4	0,509	2,08	0,85
5	0,636	2,80	1,15
6	0,763	3,60	1,47
7	0,891	4,47	1,83
8	1,018	5,44	2,23
9	1,145	6,47	2,65
10	1,273	7,59	3,11
11	1,400	8,79	3,60
12	1,528	10,05	4,12
13	1,655	11,42	4,68

Durchmesser 15 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
1	0,056	0,09	0,04
2	0,113	0,19	0,08
3	0,169	0,29	0,12
4	0,226	0,40	0,16
5	0,282	0,54	0,22
6	0,339	0,68	0,28
7	0,396	0,83	0,34
8	0,452	0,98	0,40
9	0,509	1,14	0,46
10	0,565	1,32	0,54
11	0,622	1,51	0,62
12	0,679	1,71	0,70
13	0,735	1,91	0,78

Durchmesser 10 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
14	1,782	12,85	5,27
15	1,909	14,36	5,88
16	2,036	15,95	6,54
17	2,164	17,64	7,23
18	2,290	19,37	7,94
19	2,419	21,23	8,70
20	2,546	23,13	9,48
21	2,674	25,13	10,30
22	2,800	27,18	11,14
23	2,928	29,17	11,96
24	3,056	31,58	12,94
25	3,182	33,87	13,88
26	3,310	36,27	14,87
27	3,435	38,69	15,86
28	3,564	41,37	16,96
29	3,692	43,91	18,00
30	3,819	46,61	19,11
32	4,072	52,25	21,42
34	4,328	58,22	23,87
36	4,580	64,44	26,42
38	4,838	71,13	29,16
40	5,092	78,03	31,99
42	5,348	85,31	34,97
44	5,600	92,79	38,04
46	5,856	100,43	41,17
48	6,112	108,63	44,66
50	6,365	117,38	48,12
55	7,003	140,09	57,43
60	7,630	164,38	67,39
65	8,277	191,41	78,47
70	8,910	219,89	90,15

Durchmesser 15 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
14	0,792	2,12	0,86
15	0,848	2,34	0,96
16	0,905	2,58	1,06
17	0,962	2,83	1,16
18	1,018	3,07	1,25
19	1,075	3,34	1,37
20	1,132	3,61	1,48
22	1,245	4,18	1,71
24	1,358	4,84	1,98
26	1,471	5,44	2,23
28	1,584	6,13	2,51
30	1,692	6,82	2,80
32	1,811	7,63	3,12
34	1,924	8,41	3,44
36	2,037	9,27	3,80
38	2,150	10,13	4,15
40	2,263	11,07	4,53
42	2,376	12,03	4,93
44	2,490	13,03	5,34
46	2,603	14,06	5,76
48	2,716	15,13	6,20
50	2,829	16,24	6,65
55	3,112	19,19	7,87
60	3,395	22,38	9,17
65	3,678	25,80	10,57
70	3,961	29,47	12,08
75	4,244	33,38	13,68
80	4,527	37,54	15,39
85	4,810	41,91	17,18
90	5,093	46,56	19,09
95	5,376	51,41	21,07
100	5,659	56,51	23,17
110	6,224	67,44	27,65
120	6,790	79,34	32,53
130	7,356	92,19	37,80
140	7,922	106,02	43,46
150	8,488	120,80	49,52

Durchmesser 20 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
1	0,032	0,03	0,01
2	0,063	0,05	0,02
3	0,095	0,09	0,04
4	0,127	0,12	0,05
5	0,159	0,15	0,06
6	0,191	0,19	0,08
7	0,223	0,23	0,09
8	0,254	0,28	0,11
9	0,286	0,32	0,13
10	0,318	0,37	0,15
15	0,477	0,63	0,26
20	0,636	0,94	0,38
25	0,795	1,30	0,53

Durchmesser 25 Centimeter

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
5	0,101	0,05	0,02
10	0,203	0,13	0,05
15	0,305	0,22	0,09
20	0,407	0,32	0,13
25	0,509	0,44	0,18
30	0,611	0,57	0,23
35	0,713	0,73	0,30
40	0,814	0,89	0,36
45	0,916	1,08	0,44
50	1,018	1,27	0,52
55	1,120	1,49	0,61
60	1,222	1,71	0,70
65	1,324	1,95	0,80

Durchmesser 20 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
30	0,954	1,72	0,70
35	1,114	2,19	0,90
40	1,273	2,70	1,10
45	1,432	3,26	1,38
50	1,591	3,88	1,59
55	1,750	4,55	1,86
60	1,911	5,27	2,16
65	2,069	6,04	2,47
70	2,228	6,85	2,81
75	2,387	7,73	3,17
80	2,547	8,64	3,54
85	2,706	9,62	3,94
90	2,865	10,64	4,36
95	3,024	11,71	4,80
100	3,183	12,83	5,26
105	3,343	14,01	5,74
110	3,502	15,24	6,25
115	3,661	16,52	6,77
120	3,823	17,86	7,32
130	4,138	20,64	8,46
140	4,457	23,65	9,70
150	4,774	26,85	11,00
160	5,094	30,27	12,41
170	5,412	33,89	13,89
180	5,731	37,71	15,46
190	6,049	41,74	17,11
200	6,366	45,94	18,83
210	6,686	50,39	20,66
220	7,004	55,01	22,55
230	7,322	59,83	24,53
240	7,646	64,96	26,63
250	7,956	70,06	28,72
260	8,276	75,43	30,92

Durchmesser 25 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
70	1,426	2,21	0,91
75	1,527	2,49	1,02
80	1,629	2,77	1,14
85	1,731	3,08	1,26
90	1,833	3,40	1,39
95	1,935	3,74	1,54
100	2,037	4,09	1,68
105	2,139	4,45	1,82
110	2,240	4,83	1,99
115	2,342	5,23	2,14
120	2,444	5,64	2,31
125	2,546	6,07	2,47
130	2,648	6,51	2,67
135	2,750	6,96	2,85
140	2,852	7,44	3,05
150	3,055	8,48	3,47
160	3,259	9,49	3,89
170	3,463	10,60	4,34
180	3,666	11,78	4,83
190	3,870	13,02	5,33
200	4,074	14,32	5,87
210	4,278	15,68	6,43
220	4,481	17,10	7,01
230	4,685	18,58	7,61
240	4,889	20,13	8,25
250	5,092	21,73	8,91
260	5,296	23,40	9,59
270	5,500	25,13	10,30
280	5,704	26,93	11,04
290	5,907	28,78	11,80
300	6,111	30,69	12,58
350	7,130	41,18	16,88
400	8,148	53,20	21,81
450	9,165	66,74	27,36
500	10,184	81,84	33,55

Durchmesser 30 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust Luft.	Gas.
10	0,141	0,04	0,01
15	0,212	0,09	0,04
20	0,283	0,13	0,05
25	0,353	0,18	0,07
30	0,424	0,23	0,09
35	0,495	0,29	0,12
40	0,565	0,36	0,15
45	0,636	0,42	0,17
50	0,707	0,50	0,20
55	0,778	0,58	0,24
60	0,849	0,67	0,27
65	0,919	0,76	0,31
70	0,990	0,86	0,35
75	1,061	0,97	0,39
80	1,131	1,08	0,44

Durchmesser 35 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust Luft.	Gas.
10	0,104	0,02	0,01
20	0,208	0,05	0,02
30	0,312	0,09	0,04
40	0,416	0,15	0,06
50	0,520	0,22	0,09
60	0,623	0,29	0,12
70	0,727	0,37	0,15
80	0,831	0,46	0,19
90	0,935	0,56	0,23
100	1,039	0,68	0,28
110	1,143	0,81	0,33
120	1,247	0,94	0,38
130	1,351	1,08	0,44
140	1,455	1,23	0,51
150	1,559	1,40	0,57

Durchmesser 30 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
85	1,202	1,20	0,49
90	1,273	1,32	0,54
95	1,344	1,44	0,59
100	1,414	1,57	0,64
105	1,485	1,71	0,70
110	1,556	1,86	0,76
115	1,627	2,01	0,82
120	1,697	2,16	0,88
125	1,768	2,33	0,95
130	1,839	2,50	1,02
135	1,910	2,67	1,09
140	1,980	2,85	1,17
150	2,122	3,22	1,32
160	2,263	3,62	1,48
170	2,405	4,04	1,65
180	2,546	4,48	1,83
190	2,688	4,95	2,03
200	2,829	5,43	2,22
210	2,970	5,95	2,44
220	3,112	6,48	2,65
230	3,254	7,04	2,88
240	3,394	7,61	3,12
250	3,536	8.19	3,35
260	3,678	8,85	3,63
270	3,820	9,49	3,89
280	3,960	10,16	4,16
290	4,102	10,84	4,44
300	4,244	11,57	4,74
400	5,658	19,98	8,19
450	6,360	25,01	10,25
500	7,073	30,69	12,58
550	7,780	36,91	15,13
600	8,488	43,70	17,91

Durchmesser 35 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
160	1,663	1,57	0,64
170	1,767	1.75	0,72
180	1,871	1,94	0,80
190	1,975	2,14	0,88
200	2,078	2,35	0,96
210	2,182	2,57	1,05
220	2,286	2,81	1,15
230	2,390	3,05	1,25
240	2,494	3,30	1,35
250	2,598	3,57	1,47
260	2,702	3,84	1,58
270	2,806	4,13	1,69
280	2,910	4,42	1,81
290	3,014	4,72	1,93
300	3,118	5,03	2,07
320	3,325	5,68	2,33
340	3,533	6,37	2,61
360	3,742	7,11	2,91
380	3,950	7,88	3,23
400	4,157	8,69	3,56
420	4,364	9,54	3,91
440	4,572	10,43	4,27
500	5,197	13,35	5,47
540	5,612	15,49	6,35
600	6,236	18,94	7,76
640	6,650	21,53	8,82
700	7,275	25,65	10,51
800	8,314	33,27	13,64
900	9,350	41,89	17,17
1000	10,394	51,52	21,12
1100	11,430	62,14	25,47

Durchmesser 40 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust Luft.	Gas.
20	0,159	0,02	0,01
40	0,318	0,07	0,03
60	0,477	0,13	0,05
80	0,636	0,20	0,08
100	0,795	0,30	0,12
120	0,955	0,42	0,17
140	1,114	0,55	0,22
160	1,273	0,69	0,28
180	1,432	0,86	0,35
200	1,591	1,04	0,42
220	1,750	1,24	0,51
240	1,909	1,48	0,60
260	2,069	1,71	0,70
280	2,228	1,98	0,81
300	2,387	2,27	0,93
320	2,546	2,57	1,05
340	2,705	2,89	1,19
360	2,864	3,22	1,32

Durchmesser 50 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust Luft.	Gas.
25	0,127	0,006	0,002
50	0,254	0,02	0,008
75	0,382	0,04	0,018
100	0,509	0,07	0,03
125	0,636	0,11	0,04
150	0,764	0,16	0,06
175	0,891	0,22	0,09
200	1,018	0,28	0,11
225	1,146	0,35	0,14
250	1,273	0,43	0,18
275	1,400	0,52	0,21
300	1,528	0,62	0,25
325	1,655	0,72	0,30
350	1,782	0,84	0,34
375	1,909	0,96	0,39
400	2,037	1,09	0,45
425	2,164	1,23	0,50
450	2,292	1.38	0,56

Durchmesser 40 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
380	3,024	3,56	1,46
400	3,183	3,91	1,60
420	3,342	4,34	1,78
440	3,501	4,75	1,95
460	3,660	5,12	2,10
480	3,819	5,62	2,30
500	3,979	6,08	2,49
520	4,138	6,56	2,69
540	4,297	7,05	2,89
560	4,456	7,56	3,10
580	4,615	8,08	3,31
600	4,774	8,68	3,55
620	4,934	9,24	3,79
640	5,093	9,84	4,08
660	5,252	10,45	4,28
700	5,570	11,69	4,79
740	5,888	13,04	5,34
800	6,366	15,20	6,23
840	6,684	16,73	6,86
900	7,162	19,15	7,85
940	7,480	20,86	8,55
1000	7,957	23,56	9,66
1100	8,750	28,41	11,64
1200	9,548	33,74	13,83
1300	10,346	39,53	16,20
1400	11,140	45,75	18,75

Durchmesser 50 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
475	2,419	1,53	0,63
500	2,546	1,69	0,69
525	2,673	1,87	0,76
550	2,801	2,05	0,84
575	2,928	2,23	0,91
600	3,055	2,43	0,99
625	3,183	2,63	1,08
650	3,310	2,85	1,17
675	3,438	3,07	1,26
700	3,565	3,30	1,35
725	3,692	3,53	1,45
750	3,819	3,78	1,55
775	3,947	4,03	1,65
800	4,074	4,29	1,76
825	4,202	4,56	1,87
850	4,329	4,84	1,98
875	4,456	5,13	2,10
900	4,584	5,42	2,22
925	4,711	5,73	2,35
950	4,838	6,04	2,47
975	4,965	6,36	2,61
1000	5,093	6,69	2,74
1025	5,220	7,02	2,88
1050	5,347	7,37	3,02
1100	5,602	8,08	3,31
1150	5,857	8,82	3,61
1200	6,111	9,61	3,93
1250	6,366	10,40	4,27
1300	6,620	11,24	4,61
1400	7,130	13,02	5,34
1500	7,639	14,97	6,14
1600	8,148	17,02	6,98

Durchmesser 60 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
25	0,088	0,001	0,0006
50	0,177	0,006	0,0024
75	0,265	0,013	0,0054
100	0,353	0,02	0,0096
125	0,442	0,03	0,015
150	0,530	0,05	0,022
175	0,618	0,07	0,029
200	0,707	0,09	0,038
225	0,795	0,12	0,049
250	0,884	0,14	0,06
275	0,972	0,18	0,07
300	1,061	0,21	0,09
325	1,149	0,25	0,10
350	1,237	0,29	0,12
375	1,326	0,33	0,13
400	1,414	0,38	0,15
425	1,502	0,42	0,17
450	1,591	0,48	0,19
475	1,679	0,53	0,22

Durchmesser 70 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule. Luft.	Gas.
50	0,130	0,002	0,001
100	0,260	0,009	0,004
150	0,390	0,022	0,009
200	0,519	0,039	0,016
250	0,649	0,06	0,025
300	0,779	0,09	0,036
350	0,909	0,12	0,05
400	1,038	0,16	0,06
450	1,169	0,20	0,08
500	1,299	0,25	0,10
550	1,429	0,30	0,12
600	1,558	0,35	0,14
650	1,689	0,42	0,17
700	1,819	0,49	0,20
750	1,949	0,56	0,23
800	2,076	0,63	0,26
850	2,208	0,71	0,29
900	2,348	0,81	0,33
950	2,468	0,89	0,37

Durchmesser 60 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule.	
		Luft.	Gas.
500	1,768	0,59	0,24
525	1,856	0,65	0,26
550	1,945	0,72	0,29
575	2,033	0,78	0,32
600	2,121	0,85	0,35
650	2,298	1,00	0,41
700	2,475	1,15	0,47
750	2,652	1,33	0,54
800	2,829	1,51	0,62
850	3,005	1,70	0,70
900	3,182	1,91	0,78
950	3,359	2,13	0,87
1000	3,536	2,35	0,96
1050	3,712	2,60	1,06
1100	3,889	2,84	1,16
1150	4,066	3,12	1,28
1200	4,243	3,40	1,39
1250	4,420	3,69	1,51
1300	4,596	3,99	1,63
1350	4,773	4,30	1,76
1400	4,950	4,62	1,89
1450	5,126	4,96	2,03
1500	5,303	5,31	2,18
1600	5,658	6,04	2,47
1700	6,010	6,80	2,80
1800	6,364	7,64	3,12
1900	6,718	8,52	3,48

Durchmesser 70 Centimeter.

Ausflußmenge in Litern pro Sec.	Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Druckhöhenverlust in Centimetern Wassersäule.	
		Luft.	Gas.
1000	2,598	1,00	0,41
1050	2,728	1,10	0,45
1100	2,858	1,20	0,49
1150	2,988	1,32	0,54
1200	3,116	1,43	0,58
1250	3,248	1,55	0,63
1300	3,378	1,68	0,69
1350	3,508	1,81	0,74
1400	3,638	1,94	0,80
1450	3,767	2,07	0,85
1500	3,897	2,23	0,91
1550	4,027	2,38	0,97
1600	4,152	2,53	1,04
1650	4,287	2,70	1,11
1700	4,416	2,87	1,17
1750	4,547	3,04	1,24
1800	4,676	3,22	1,33
1850	4,807	3,39	1,39
1900	4,936	3,58	1,47
2000	5,196	3,97	1,63
2100	5,456	4,37	1,79
2200	5,716	4,80	1,97
2300	5,976	5,25	2,15
2400	6,232	5,71	2,34
2500	6,496	6,20	2,54
2700	7,016	7,24	2,96
2900	7,534	8,38	3,43
3100	8,054	9,58	3,92
3800	9,094	12,23	5,01

Ueber die Profilform und die mittlere Geschwindigkeit eines im fremden Stau liegenden Stromes.

Von

Sasse, Königl. Oberbau-Inspector in Merseburg.

In dem „Civilingenieur 1867, Heft V." hatte ich mir erlaubt, auf das Profil-, Wassermassen- und Geschwindigkeitsgesetz der Oder unter gleichzeitiger Bezugnahme auf bekannte Messungen im Mississippi und der Weichsel und Weser aufmerksam zu machen, und hatte dort nachzuweisen gesucht, daß diese Gesetze im freien ungehemmten Strome parabolischer Natur seien.

Bezeichnete nämlich

Q die Wassermasse,
f ein Einzelprofil,
F das Durchschnittsprofil einer Strecke,
c die mittlere Geschwindigkeit eines Einzelprofils,
C die mittlere Geschwindigkeit eines Durchschnittsprofils,

p den Parameter der Profilparabel,

p_1 den Parameter der Wassermengenparabel (die Bezeichnung p und p_1 mag hier entgegen derselben im Civilingenieur umgewechselt werden),

t die zum Durchschnittsprofile gehörige größte mittlere Tiefe,

t_1 die zur Wassermengencurve gehörige größte Tiefe,

h die Differenz des tiefsten Punktes der Wassermengencurve von dem tiefsten Punkte der Profilcurve;

b die halbe obere Breite des Durchschnittsprofils,

so ergab sich, da für die Wassermengencurve die Gleichung

$$t_1^2 = p_1 Q,$$

und für die Profilcurve die Gleichung $b^2 = p.t$ stattfand:

$$Q = \frac{t_1^2}{p_1} = \frac{(t-h)^2}{p_1},$$

$$c = \frac{t_1^2}{p_1 f} = \frac{(t-h)^2}{p_1 f},$$

$$F = \tfrac{4}{3} bt = \tfrac{4}{3} \sqrt{p.t} \sqrt{t},$$

$$C = \frac{3(t-h)^2}{4 p_1 \sqrt{p\, t} \sqrt{t}}.$$

Bei Aufstellung dieser Formeln, welche das Gesetz der Zu- oder Abnahme der Wassermassenprofile und mittleren Geschwindigkeiten derselben darstellen sollten, konnte mit Rücksicht auf die zu Grunde gelegten Beobachtungen die Richtigkeit derselben nur für den freien ungehemmten Strom und zwar innerhalb der Uferborde behauptet werden und es ist daher von Wichtigkeit, die Aenderung festzustellen, welche nöthig wird, wenn der Strom gehemmt, resp. im Stau fließt.

Zwar ergab sich schon aus den Beobachtungen von Humphreys und Abbot am Mississippi nach der Grebenau'schen Uebersetzung, daß der Mississippi bei Carollton nahe der Ausmündung, obgleich er dem Stau des Meeres ausgesetzt ist, denselben Gesetzen unterworfen bleibt.

Aber bei dem wenig wechselnden Stande des Meeres und der verhältnißmäßigen Ruhe desselben konnte es erklärlich scheinen, daß die Flußgesetze an sich dadurch nicht verändert werden konnten, wenn auch der absolute Einfluß in der speciellen Gestaltung der bezüglichen Formeln zum vollen Ausdrucke gelangte.

Inwieweit dies der Fall ist, läßt sich am besten erkennen, wenn man die Beobachtungen mit den aufgestellten Gesetzen unter Individualisirung derselben vergleichend hier für Carollton noch einmal wiederholt.

Pegelstand bei Carollton.	Profil		Wassermasse		Mittlere Geschwindigkeit	
	gemessen Cu.-Fuß.	berechnet nach der Formel $154{,}8168\, t\sqrt{t}$. Cu.-Fuß.	gemessen nach Humphreys-Abbot. Cbfuß.	berechnet nach der Formel $1428{,}45 (t-h)^2$. Cbfuß.	gemessen nach der Scala Fuß.	berechn. n. d. Formel $9{,}228 \frac{(t-h)^2}{t\sqrt{t}}$ Fuß.
1,5	153314	153142	285000	284836	1,850	1,856
5,2	161576	162142	436000	453671	2,698	2,798
8,4	169390	169746	614000	631235	3,625	3,719
11,0	175689	176010	790000	797050	4,497	4,528
15,2	186282	186287	1130000	1105707	6,066	5,936

Hierbei liegt der Nullpunkt der Profilparabel, resp. der tiefste Punkt 97,93 Fuß unter dem Nullpunkte des Pegels zu Carollton, während der tiefste Punkt der Wassermengenparabel nur 12,62 Fuß unter dem Nullpunkte desselben Pegels liegt, also die Differenz beider Punkte $h = 97{,}93 - 12{,}62 = 85{,}31$ Fuß beträgt.

Der Nullpunkt der Wassermengencurve liegt somit in der Höhe der Barre am Meere, während die größte mittlere Profiltiefe noch 85,31 Fuß tiefer liegt.

Documentirt diese große Differenz die Stauverhältnisse, in denen sich hier der Mississippi bewegt, so geben doch die entwickelten Resultate kund, daß die gesetzmäßige Ausbildung des Profil- und Wassermassengesetzes, jedes für sich, in keiner Weise behindert wird.

In gleicher Weise läßt sich aus den von Humphreys-Abbot aufgestellten Wassermengenscalen bei Donaldsonville und Natchez, deren Richtigkeit in ihrem Werke indeß nicht näher begründet worden ist, nachweisen, daß dieselben einfacher dem parabolischen Gesetze unterworfen werden konnten, und daß eine hinreichend genaue Parabel für Donaldsonville sich aufstellen läßt, wenn der tiefste Punkt etwa 17,1 Fuß unter dem Pegel gewählt würde, und ebenso für Natchez, wenn der tiefste Punkt auf etwa 26,1 Fuß unter dem Nullpunkte des Pegels festgestellt würde.

Da aber diese Punkte, der Barrenhöhe am Meere entsprechend, weit höher als der tiefste Punkt ihrer Profile liegen, wie sich bei Natchez aus einigen Profilberechnungen, bei Donaldsonville aus der durchschnittlichen Sohlenlage des Mississippi nachweisen läßt, so ist mit Bestimmtheit zu folgern, daß hier der Stau der Ausbildung des Wassermengengesetzes nicht hindernd in den Weg tritt.

Inwieweit dies Geltung hat, läßt sich noch durch einen specielleren Vergleich des Wassermassengesetzes des Mississippi bei Donaldsonville mit der von Humphreys-Abbot selbst aufgestellten Wassermengenscala, welche eine unreine arithmetische Reihe 2ter Ordnung bildet, nachweisen.

Legt man die Wassermassen bei 7 und 25 Fuß am Pegel bei Donaldsonville zu Grunde, so gelangt man zur Specialformel

$$Q = 499{,}341 \,.\, t^2 = 499{,}341\,(z + 17{,}079)^2$$

(17,099 ist genauer als 17,098, wie im Civilingenieur 1867 angegeben wurde), wo z den Pegelstand bedeutet, und es vergleichen sich für die Wasserstände:

Am Pegel Fuß.	die Wassermassen nach der Scala von Humphr.-Abbot.	die Wassermassen nach der Formel.
3	200000 Cbfß.	201720 Cbfß.
5	240000 "	243860 "
7	290000 "	290000 "
9	345000 "	340130 "
12	435000 "	422820 "
16	555000 "	547050 "
19	660000 "	650710 "
22	765000 "	763360 "
25	885000 "	885000 "
28	1030000 "	1015620 "
31	1220000 "	1155230 "

Somit dürfte die Annahme berechtigt sein, daß der Stau des von Fluth und Ebbe nicht sehr bewegten Meeres auf das Profil- und Wassermassengesetz, jedes für sich betrachtet, keinen verändernden Einfluß auszuüben vermag.

Verschieden kann sich indeß das Resultat gestalten, wenn es darauf ankommt, festzustellen, ob der Stau eines großen Stromes an der Mündung eines kleineren von Wirkung auf die Bildung des Profil- und Wassermassengesetzes des letzteren ist, weil die steigenden und fallenden Wassermassen des größeren Stromes möglicherweise die Profile des kleineren destruiren und das Wassermassengesetz in Verwirrung kommt.

Die letztere Betrachtung ist ohne Weiteres einleuchtend und unbestreitbar, da dieselben Wassermassen hohe und niedere Wasserstände an der Mündung treffen können.

Es bleibt daher nur übrig, das Wassermassengesetz des Flusses für diese Strecke da festzustellen, wo der Stau des größeren Flusses nicht mehr hinreicht, oder wenn der kleinere Fluß kurz oberhalb der Mündung in den größeren Strom selbst mehrere Zuflüsse erhält, die Wassermassengesetze der einzelnen Zuflüsse da aufzusuchen, wo der Stau keinen Einfluß mehr ausübt.

Etwas Anderes ist es aber mit dem Profilgesetze der Mündungsstelle. Hier handelt es sich, weil sonst die vorliegende Frage überhaupt nicht gelöst werden kann, um Feststellung aus den Beobachtungen, ob die Profile gesetzlos sind, oder einem und welchem Gesetze unterworfen werden können?

Ist Letzteres der Fall, dann ist auch die Möglichkeit gegeben, festzustellen, welchem Gesetze die dem jedesmaligen Wasserstande entsprechende, wenn auch bei gleichem Wasserstande wechselnde mittlere Geschwindigkeit unterworfen ist.

Bei dem Mangel europäischer Beobachtungen wird man auf die amerikanischen von Humphreys-Abbot zurückgreifen müssen, und hier empfehlen sich auch wegen der durch den Mississippi veranlaßten großen Erhebung des Wasserspiegels die Beobachtungen am Arkansas bei Napoleon an der Mündung in den Mississippi.

Um zunächst nachzuweisen, in welcher Weise der Stau des Mississippi auf den Arkansas einwirkt, sind einige Angaben aus der Grebenau'schen Uebersetzung des Humphreys-Abbot'schen Werkes nothwendig.

Hiernach ergeben sich beispielsweise

Pegelhöhe.	Datum.	Wassermasse.	Mittlere Geschwindigkeit.
bei 5,1 Fuß,	5. November 1858,	2394 Cbfß.	0,4129 Fuß.
"	2. " "	2333 "	0,4024 "
"	29. " "	3545 "	0,6115 "
"	30. " "	3379 "	0,5828 "
" 8,3 "	15. October "	3153 "	0,4469 "
"	25. November "	6672 "	0,9451 "

Pegelhöhe.	Datum.	Wassermasse.	Mittlere Geschwindigkeit.
bei 14,6 Fuß,	12. September 1858,	5078 Cbfß.	0,4867 Fuß.
	20. „ „	4754 „	0,4557 „
14,5 „	14. November „	12333 „	1,1821 „
„ 26,8 „	26. Februar „	41340 „	2,3467 „
„	18. August „	24497 „	1,3906 „
„ 34,8 „	18. Januar „	56079 „	2,3982 „
„	5. August „	46854 „	2,0036 „
„ 45 „	2. April „	90948 „	2,7926 „
„	8. Juni „	142680 „	4,3810 „

und es erhellt, daß, während beispielsweise am 15. October für 8,3 Fuß und am 2. April für 45 Fuß am Pegel der Mississippi allein staute, am 25. November für 8,3 Fuß und am 8. Juni für 45 Fuß der Arkansas hauptsächlich viel Wasser abgab, und daß daher das Wassermassengesetz nicht an diesen Stellen gesucht werden darf, wie auch vorhin behauptet wurde.

Legt man für das Profil, da die allgemeine Ueberschwemmung etwa bei 38 bis 40 Fuß am Pegel erfolgt, das Profil bei 38,1 Fuß am Pegel mit 25750 Qu.-Fuß aus der Wassermasse von 73786 Cubikfuß pro Secunde und 2,8654 Fuß mittlerer Geschwindigkeit pro Secunde, und die größte Tiefe von 52 Fuß zu Grunde*), so ergiebt sich $b^2 = 2652{,}6 . t$, wenn b die halbe obere Breite und t die größte mittlere Tiefe bezeichnen, und es ist

$$F = {}^4/_3 \sqrt{p}\, t \sqrt{t} = 68{,}6711\, t \sqrt{t}$$

und $\log. 68{,}6711 = 1{,}8367743$

hiernach ermittelt; und es vergleicht sich nach Humphreys-Abbot, wenn man, da hier die Profile nicht direct angegeben sind, die Wassermasse durch die mittlere Geschwindigkeit dividirt:

Pegelstand.	nach Humphreys-Abbot Wassermasse / mittlere Geschwindigkeit.	Profil gemessen.	größte mittlere Tiefe = Pegelstand + 13,9'.	halbe obere Breite berechnet.	Profil berechnet.
5,1	$\frac{2394}{0{,}4129}$	5798 Qu.-F.	19 Fuß,	224,50 Fuß,	5687 Qu.-F.
6,7	$\frac{2805}{0{,}4238}$	6627 „	20,6 „	233,76 „	6421 „
8,1	$\frac{3276}{0{,}4694}$	7054 „	22 „	241,57 „	7086 „
10,1	$\frac{3755}{0{,}4716}$	7962 „	24 „	252,31 „	8074 „
13,1	$\frac{4307}{0{,}4577}$	9410 „	27 „	267,62 „	9634 „
16,1	$\frac{5098}{0{,}4649}$	10966 „	30 „	282,09 „	11284 „
18,4	$\frac{6317}{0{,}5236}$	12065 „	32,3 „	292,71 „	12606 „
21,6	$\frac{8284}{0{,}5749}$	14409 „	35,5 „	306,87 „	14525 „

*) Die nachfolgende Herleitung ist, wie im Aufsatze im „Civilingenieur 1867", in der einfachern Weise erfolgt. Man wird hiernach eine der Wirklichkeit sich noch genauer anschließende Parabel unschwer ermitteln können. Zu diesem Zwecke wird, wenn man das Profil bei 38,1 Fuß aufrecht erhält, die Untersuchung auf die Gestaltung der Profile beispielsweise für 51,8 und 52,2 Fuß größte mittlere Tiefe auszudehnen sein, und indem man nach der Methode der kleinsten Quadrate die Procentabweichung der Resultate für 51,8; 52 und 52,2 von den wirklichen Profilen feststellt, diese Procentabweichungen quadrirt und die Summe zieht, so erhält man in der kleinsten Summe den Hinweis, welche genauere größte mittlere Profiltiefe man zu Grunde zu legen habe; ein Verfahren, das wiederholt werden kann.

Pegelstand.	nach Humphreys-Abbot Wassermasse / mittlere Geschwindigkeit.	Profil gemessen.	größte mittlere Tiefe =Pegelstand + 13,9'.	halbe obere Breite berechnet.	Profil berechnet.
25,1	$\frac{16489}{1,0079}$	16360 Qu.-F.	39 Fuß.	321,64 Fuß.	16725 Qu.-F.
27,1	$\frac{24688}{1,4014}$	17617 „	41 „	329,78 „	18028 „
30,8	$\frac{29312}{1,4367}$	20402 „	44,7 „	344,84 „	20523 „
33,1	$\frac{51627}{2,3608}$	21868 „	47 „	353,09 „	22127 „
38,1	$\frac{73786}{2,8654}$	25750 „	52 „	371,40 „	25750 „
Ueber 38 Fuß am Pegel allgemeine Ueberschwemmung.					
42,1	$\frac{109860}{3,7184}$	29545 Qu.-F.	56 Fuß.	385,42 Fuß.	28777 Qu.-F.
45,1	$\frac{144580}{4,4394}$	32567 „	59 „	395,61 „	31121 „

Aus dieser Darstellung dürfte hervorgehen, daß selbst, wie hier, ein Einzelprofil dem parabolischen Bildungsgesetze im Stau eines fremden Stromes unterworfen erscheint*), und daß die größte Abweichung bei 33 Fuß Flußerhebung innerhalb der Borde 4% nicht übersteigt.

Läßt man hiernach für erwiesen gelten, daß ein Stauprofil die parabolische Natur des freien Profils nicht verliert, so ist man nunmehr auch im Stande, das Gesetz der wechselnden Geschwindigkeiten in solchen Profilen festzustellen, da man das Wassermassengesetz, das außerhalb des Staues aufgesucht werden kann, nur in Verbindung mit dem Profilgesetze zu bringen hat.

Das Wassermassengesetz läßt sich aber darstellen durch

$$Q = \frac{t_1^2}{p_1};$$

sobald der Parameter ein für allemal ermittelt ist, hängt die Wassermasse nur von der oberhalb gefundenen größten mittleren Tiefe, deren Nullpunkt in Bezug auf den Pegelstand gebracht werden kann, ab. Hat man den Pegel hiernach verändert, sodaß dessen Nullpunkt mit dem tiefsten Punkte der Wassermengenparabel zusammenfällt, so wird also der Pegelstand an dieser Stelle die gleichzeitige Wassermasse leicht feststellen lassen.

Das Profilgesetz an der Staustelle läßt sich ferner darstellen durch $F = \frac{4}{3} b t = \frac{4}{3} \sqrt{p\, t} \sqrt{t}$.

Die mittlere Geschwindigkeit der Staustelle wird also ausgedrückt durch die Formel

$$C = \frac{Q}{F} = \frac{3\, t_1^2}{4 p_1 \sqrt{p\, t} \sqrt{t}}.$$

Dies ist aber die Verallgemeinerung der vorhin aufgestellten Formel, welche ergab

$$C = \frac{3\,(t-h)^2}{4 p_1 \sqrt{p\, t} \sqrt{t}},$$

sobald man nur auf die ursprüngliche Bezeichnung zurückgeht und h aufhebt, da $t - h = t_1$ ist.

Es ist auch einleuchtend, daß hier die Bezeichnung h nicht zutreffend ist, weil die Tiefen t und t_1 nicht an derselben Stelle liegen.

Werden beide Pegel mit den Nullpunkten beider Curven bezüglich gleichgestellt, so giebt der obere Pegel die Tiefen der Wassermengencurve und der untere Pegel die Tiefen der Profilcurve und läßt sich nun sogleich übersehen, wie die mittlere Geschwindigkeit der Staustelle bei gleichen Wasserständen steigen und fallen kann; denn ist t_1 klein, t

---

*) Die Uebereinstimmung zahlreicher Einzelprofile (siehe „Civilingenieur 1867, Heft V") in ihrer Größe mit der Flächengröße einer Parabel dürfte zu der Ansicht berechtigen, daß, wenn man von der Profilform selbst absieht und nur die Profilgröße im Auge hat, die meisten Einzelprofile sich in ihrer Größe und in ihrem Zuwachs mit einer Parabelfläche vergleichen lassen.

An der Oder selbst konnte diese Behauptung nicht ohne Weiteres aufgestellt werden, insofern die Erhebung der Wasserstände bis zur Ueberschwemmung nur etwa 8 Fuß betrug und somit, wenn man nur von der Form absah, jede andere Curve ziemlich dieselben Resultate hervorbringen konnte.

Dagegen dürften die Profile des Mississippi bei der großen Tiefe und bei der bedeutenden Erhebung, welche vom kleinsten bis zum größten Wasserstande oft 40 und mehr Fuß in geschlossenen Profilen beträgt, für die Entscheidung maßgebend sein, weil so bedeutende Abmessungen bei der Wahl einer andern Curve von erheblichem Einfluß auf eine abweichende Profilgrößenentwickelung in den einzelnen Wasserständen sein mußte.

aber groß, so ist die Geschwindigkeit kleiner, als wenn bei gleichem t_1 t kleiner wird und umgekehrt.

Auch hier läßt sich übrigens das allgemeine Bewegungsgesetz, wonach $C^2 = 2gh$ ist, erkennbar machen, sobald $t' = t$ wird, denn in diesem Falle ist

$$C = \frac{\sqrt{t}}{{}^4/_3 p_1 \sqrt{p}} \quad \text{also} \quad C^2 = \frac{t}{({}^4/_3 p_1 \sqrt{p})^2}$$

und wenn man

$$\frac{1}{({}^4/_3 p_1 \sqrt{p})^2} = 2\alpha$$

setzt, so erhält man in $C^2 = 2\alpha t$ den gleichen Ausdruck. Während aber im freien Strome bei gleichen t das Bewegungsgesetz durch alle Wasserstände Giltigkeit hat, so tritt hier im fremden Stau das einfache Bewegungsgesetz nur dann hervor, wenn t zufällig einmal $= t_1$ wird.

Leider ist es nicht möglich, das Specialgesetz für die mittleren Geschwindigkeiten am Arkansas, d. h. die Constante aus $\frac{3}{4 p_1 \sqrt{p}}$ festzustellen, resp. die Theorie mit den Beobachtungen zu vergleichen, da die Wassermengen nicht außerhalb des Staues, sondern auf der Staustelle selbst gemessen sind.

Es ist dies um so mehr zu bedauern, als die bei Napoleon am Arkansas vorgenommenen interessanten und mühsamen Untersuchungen auch nicht dazu benutzt sind, die von Humphreys-Abbot aufgestellte, von Fall zu Fall giltige, allgemeine Geschwindigkeitsformel zu erproben.

Der große Wechsel der Geschwindigkeit bei gleichem Wasserstande, resp. das Vorkommen gleicher Geschwindigkeiten bei wechselnden Wasserständen hätte gerade hier für die Feststellung der Richtigkeit der aufgestellten, neuerdings von hervorragender Seite einer wesentlichen Verbesserung unterworfenen Formel von entscheidender Wichtigkeit sein müssen.

Allerdings wird zugegeben werden müssen, daß die Ermittelung des im fortdauernden Wechsel begriffenen Gefälles ihre nicht geringen Schwierigkeiten darbieten mochte.

Es muß daher, wenn auch die Richtigkeit der aufgestellten Formel nach den früheren Darstellungen nicht zu bezweifeln ist, weiteren Untersuchungen an hiesigen Strömen vorbehalten bleiben, die Uebereinstimmung mit directen Messungen nachzuweisen.

Schließlich darf noch erwähnt werden, daß, im Falle mehrere Zuflüsse oberhalb der Staustelle im Stau erfolgen, wegen der für jeden Zufluß festzustellenden Wassermengencurve außerhalb des Staues, also im freien Strome, das Gesetz der mittleren Geschwindigkeit der beobachteten Staustelle, für welche das Profilgesetz ermittelt ist, sich ausdrücken läßt durch:

$$C = \frac{Q}{F} = \frac{Q_1 + Q_{11} + Q_{111} + \dots Q_n}{F} = \frac{\frac{t_1^2}{p_1} + \frac{t_{11}^2}{p_{11}} + \frac{t_{111}^2}{p_{111}} + \dots \frac{t_n^2}{p_n}}{{}^4/_3 \sqrt{p}\, t \sqrt{t}}.$$

Bei der allgemeinen Verwendbarkeit dieser Formel ergiebt es sich dann, wenn die beobachtete Stelle dem Stau eines anderen Stromes nicht ausgesetzt, also die Wassermengencurve hier aufzufinden ist, daß alsdann

$$Q = \frac{t_0^2}{p_0}, \text{ also auch } \frac{t_0^2}{p_0} = \frac{t_1^2}{p_1} + \frac{t_{11}^2}{p_{11}} + \frac{t_{111}^2}{p_{111}} + \dots \frac{t_n^2}{p_n} \text{ wird,}$$

was, da die Voraussetzung, daß die Wassermasse eines Stromes aus der Summe der Wassermassen seiner Nebenflüsse besteht, zulässig ist und unverändert bleibt, nicht erst zu beweisen sein wird.

Wie bereits im „Civilingenieur 1867" auseinandergesetzt wurde, reichen für eine annähernde Bestimmung aller vorkommenden Wassermassen, Profile und Geschwindigkeiten der betrachteten Stelle je zwei genaue Ermittelungen für möglichst weit abliegende, aber möglichst beharrlich auftretende Wasserstände aus, um das Wassermassen-, Profil- und Geschwindigkeitsgesetz entwickeln zu können. Sind mehrere Beobachtungen vorhanden, so hat man die Methode der kleinsten Quadrate anzuwenden, damit die genauesten Specialformeln aufgestellt werden können.

I. Das Quecksilber-Differentialpiezometer
und seine Anwendung zur Bestimmung der Differenz der Wasserdrücke in einer Röhrenleitung,
II. das Wasserpiezometer mit Mikrometer,
sowie seine Anwendung zur Bestimmung des Luftdruckes in einer Gasleitung, und
III. eine Ergänzung der Abhandlung „über die verschiedenen Methoden der Ausflußversuche unter constantem Drucke"
im X. Bande des „Civilingenieur".

Von

Dr. Julius Weisbach, K. S. Oberbergrath und Professor an der Bergakademie zu Freiberg.

(Hierzu Tafel 5.)

I. Das Quecksilber-Differentialpiezometer.

In der Abhandlung „Hydrometrische Versuche über die Anwendung der Formeln von Daniel Bernoulli und Charles Borda u. s. w." im dreizehnten Jahrgange (1867) dieser Zeitschrift habe ich unter Anderem auch die Verbindung des Differentialpiezometers von Belanger mit einem neuen Ausflußhydrometer behandelt und die Ergebnisse von Versuchen mitgetheilt, wodurch die Brauchbarkeit eines solchen hydrometrischen Apparates nachgewiesen wird. Bei diesen Versuchen hat sich aber der Uebelstand herausgestellt, daß in den Wassersäulen, durch deren Höhen hier die Druckdifferenzen gemessen werden, leicht Luftblasen hängen bleiben, welche die Richtigkeit der Angaben wesentlich beeinträchtigen. Dieser Fall tritt besonders ein, wenn die Röhren, wodurch die beiden Wassersäulen mit der Hauptleitung verbunden sind, nicht steil aufsteigen. Außerdem ist es noch ein Uebelstand, daß bei großen Druckdifferenzen diese Wassersäulen sehr lang ausfallen und deshalb das ganze Instrument eine große Höhe erhalten muß; deshalb habe ich später ein anderes Piezometer construirt, bei welchem die Wassersäulen durch Quecksilbersäulen ersetzt sind, welches daher auch die Druckdifferenz durch die Differenz der Höhen zweier Quecksilbersäulen anzeigt. Dieses Instrument fällt nicht allein viel kleiner und bequemer aus als das Differentialpiezometer von Belanger, sondern macht auch viel sicherere Angaben als dieses, da bei demselben Störungen durch Luftblasen gar nicht vorkommen.

Die Einrichtung eines solchen Quecksilber-Differentialpiezometers ist aus der Abbildung, Fig. 1, zu ersehen, welche dasselbe in der halben natürlichen Größe darstellt. Die heberförmig gebogene Glasröhre ABCDE wird durch andere Röhren an den Enden A und E mit denjenigen Stellen der Wasserleitung in Verbindung gesetzt, deren Druckdifferenz gemessen werden soll. Diese Doppelröhre hat eine lichte Weite von 6 Millimeter, sowie eine Höhe von circa 22 Centimeter und wird vor dem Gebrauche zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt.

Bei dem Gebrauche füllen sich die Räume über der den untern Theil der Röhre einnehmenden Quecksilbersäule mit Wasser, welches die Drücke in der Hauptröhre auf die beiden Enden der Quecksilbersäule überträgt. Ist der Wasserdruck in dem an A stoßenden Raume größer als der im Raume, worein B einmündet, so sinkt die Oberfläche M des Quecksilbers in BC und steigt die Oberfläche N desselben in CD, und es giebt nun die an der Doppelscala FG abgelesene Höhendifferenz auch die Differenz der Wasserdrücke in A und E an. Das ganze Instrument sitzt an einem Bretchen, welches an eine senkrechte Wand in der Nähe der Hauptröhre befestigt werden kann, und zwei verschiebbare Zeiger Y und Z sind angebracht, um das Ablesen der Höhen der Quecksilbersäule zu erleichtern und diese Angaben eine Zeit lang zu fixiren.

Bezeichnet z den Höhenabstand zwischen den beiden Quecksilberspiegeln und ε das specifische Gewicht des Quecksilbers, so ist die Höhe der Wassersäule, welche die Differenz der Wasserdrücke in A und E mißt:

$$h = \varepsilon z - z = (\varepsilon - 1) z$$
$$= 12{,}6\ z.$$

Die Art und Weise, wie dieses Quecksilberdifferentialpiezometer bei einem Ausflußhydrometer anzuwenden ist, führt die Abbildung in Fig. 2 vor Augen. Die mit einem Regulirungshahn H versehene Leitungsröhe KL enthält in ihrem Innern bei F ein kurzes conoidisches Mundstück und endigt sich nach Befinden auch noch in ein anderes Mundstück L (vergl. Fig. 5, Taf. I der oben citirten Abhandlung in Band XIII). Um die Differenz der Drücke des Wassers vor und hinter dem Mundstücke bei F zu ermitteln, sind die Enden A und E des Quecksilberdifferentialpiezometers ACE mittels Gummiröhrchen an die kurzen Seitenröhrchen A und E angeschlossen, welche in das Innere der Röhre KL führen. Kommt es nun darauf an, das Wasserquantum zu ermitteln, welches die Leitungsröhre KL bei einer gewissen Stellung des Hahnes H liefert, so hat man nur die Höhendifferenz z der Quecksilbersäulen an der Scala des Piezometers abzulesen. Bezeichnet noch F den Querschnitt der Mündung des conoidischen Einsatzstückes, sowie F_1 den Querschnitt der Röhre KL und ζ einen durch Versuche zu ermittelnden Widerstandscoefficienten, so kann man das Durchflußquantum Q pro Secunde mittels der Formel $Q = Fv = F\sqrt{\dfrac{2gh}{\left(1-\frac{F}{F_1}\right)^2+\zeta}}$ berechnen (s. Seite 11 der citirten Abhandlung in Band XIII dieser Zeitschrift).

Bei einem Versuche an einer Leitungsröhre KL von 2,968 Centimeter Weite und einem conoidischen Einsatzstücke wie F, Fig. 7, von 1,002 Centimeter Mündungsdurchmesser wurde die Höhendifferenz am Quecksilberdifferentialpiezometer

$z = 5{,}30$ Centimeter beobachtet,

während in der Zeit $t = 49{,}0$ Secdn. das Wasserquantum

$V = Qt = Gs = 0{,}12516 . 0{,}1200 = 0{,}01502$ Cubikmeter ausfloß.

Durch Umkehrung der obigen Formel für Q erhält man für den Widerstandscoefficienten ζ den Ausdruck

$$\zeta = \left(\frac{F}{Q}\right)^2 . 2gh - \left(1 - \frac{F}{F_1}\right)^2$$
$$= \left(\frac{Ft}{Gs}\right)^2 . 2gh - \left(1 - \left(\frac{d}{d_1}\right)^2\right)^2.$$

Nun ist hier

$d = 1{,}002$ und $d_1 = 2{,}968$, daher

$F = \dfrac{\pi d^2}{4} = 0{,}7885$ Quadratcentimeter

$\left(1 - \left(\dfrac{d}{d_1}\right)^2\right)^2 = 0{,}7850$, ferner hat man

$Ft = 0{,}00007885 . 49 = 0{,}0038708,$

$Gs = 0{,}01502$ und

$2gh = 19{,}62 . 12{,}6 z = 19{,}62 . 12{,}6 . 0{,}053 = 13{,}103,$

daher folgt der Widerstandscoefficient

$$\zeta = \left(\frac{0{,}0038708}{0{,}01502}\right)^2 . 13{,}103 - 0{,}7850 = 0{,}8702 - 0{,}7850$$

$= 0{,}0852$, und der entsprechende Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} = \frac{1}{\sqrt{1{,}0852}} = 0{,}960.$$

Schließlich folgt noch die Formel für die einem abgelesenen Piezometerstande entsprechende Durchflußmenge:

$$Q = 0{,}00007885 \sqrt{\frac{19{,}62 . 12{,}6 z}{0{,}7850 + 0{,}0852}}$$
$$= 0{,}00007885 \sqrt{\frac{247{,}27}{0{,}8702}}$$
$= 0{,}001347 \sqrt{z}$ Cubikmeter
$= 1{,}347 \sqrt{z}$ Liter.

Auf Seite 13 der citirten Abhandlung in Band XIII wird für denselben Apparat bei Anwendung des Differentialpiezometers von Belanger, $\mu = 0{,}968$ und

$Q = 0{,}3735 \sqrt{z}$ Liter gefunden,

wonach für das Piezometer mit Quecksilberfüllung

$Q = 0{,}3735 \sqrt{12{,}6 z} = 1{,}326 \sqrt{z}$ Liter wäre.

Zur Erhöhung der Genauigkeit kann man die Scala noch mit einem Nonius und mit Loupen versehen, ähnlich wie bei einem Heberbarometer.

Nimmt man für z eine Reihe von Piezometerständen an, und berechnet man mittels der Formel $Q = 1{,}347 \sqrt{z}$ die entsprechenden Werthe von Q, so kann man dieselben in einer Tabelle zusammenstellen, aus welcher sich später, nach Bedürfniß, die einem abgelesenen Piezometerstande z entsprechende Durchflußmenge entnehmen läßt.

II. Das Wasserpiezometer oder Wassermanometer mit Mikrometerablesung.

In der Abhandlung: „Versuche über den Ausfluß des Wassers unter sehr kleinem Drucke ꝛc.", welche im X. Bande (1864) dieser Zeitschrift enthalten ist, habe ich ein zur genauen Angabe kleiner Druckhöhen des Wassers in Anwendung gebrachtes Mikrometer beschrieben, sowie in Fig. 3, Tafel 11 des angezeigten Bandes eine monodimetrische Abbildung desselben in $^1/_2$ der natürlichen Größe mitgetheilt. [illegible] später mit einem

Gefäßmanometer verbunden, und mir dadurch ein sehr genaues Instrument zur Angabe kleiner Pressungsdifferenzen, wie sie vorzüglich bei Gas- und Wetterleitungen, sowie bei Lüftungs- und Heizungsapparaten, bei Ventilatoren und vielen anderen Luft- und Wettermaschinen vorkommen, verschafft. Die Zusammensetzung und Einrichtung eines solchen Manometers mit Mikrometer ist aus der Abbildung, Fig. 3, zu ersehen, welche von demselben eine Darstellung in der halben natürlichen Größe giebt. Die Mikrometerschraube DE geht durch die an dem Gestelle UVW befestigte Mutter K und läßt sich darin mittels der Preßschraube R feststellen. Die Ganghöhe dieser Schraube mißt ziemlich genau 1 Millimeter, es bewegt sich daher dieselbe bei einer Umdrehung axial um 1 Millimeter, sowie bei zehn Umdrehungen um 1 Centimeter, wie an dem in halbe Centimeter eingetheilten vierkantigen Leitungsstab GH zu erkennen ist. Um das Heben und Senken der Schraube bis auf Hundertmillimeter genau ablesen zu können, ist der tellerförmige Schraubenkopf AB in 20 gleiche Theile getheilt, so daß man mittels des Zeigers A eine Hundertelumdrehung recht gut abschätzen und die Axenbewegung der Schraube bis auf Hundertelmillimeter genau angeben kann.

Das eigentliche Manometer besteht in einem cylindrischen Gefäße O von 2 Centimeter Höhe und 10 Centimeter Durchmesser, in welches von oben die mit einem Hahne M verschließbare Röhre LMN und zur Seite die Glasröhre RQ einmündet. Das Wasser W, welches den größten Theil des Gefäßes O anfüllt, wird bei geöffnetem Hahne M durch die in LMN zugeführte Luft, deren Pressung bestimmt werden soll, nieder- und zum Theil in die Seitenröhre QR gedrückt, wo es einen gewissen Stand z einnimmt, welcher durch das Mikrometer angegeben wird, nachdem man die Spitze S desselben mit der Oberfläche des Wassers in Berührung gebracht hat.

Kommt es darauf an, die Pressung der verdünnten Luft oder eine kleine negative Pressungsdifferenz, d. i. den Ueberschuß des äußeren Luftdruckes über den inneren Gasdruck zu messen, so ist es nöthig, statt der einfach aufsteigenden Glasröhre RQ eine heberförmige Röhre mit dem Gefäße NOP zu verbinden. In Fig. 4 ist der verticale Durchschnitt des Manometergefäßes NOP mit aufsteigender, in Fig. 5 dagegen derselbe mit heberförmiger Glasröhre dargestellt, wie dieselbe bei Bestimmung einer negativen Pressungsdifferenz in Anwendung kommt.

Ist die anfängliche Pressungsdifferenz = Null, steht also dann das Wasser im Gefäße mit dem in der Röhre in einem Niveau, so läßt man die Spitze S des Mikrometers bis auf die freie Oberfläche des Wassers in der Röhre herab und liest den Stand z derselben an dem eingetheilten Stab und an dem eingetheilten Kopfe des Mikrometers ab. Hierauf stellt man durch Drehung des Hahnes M die Communication des Gefäßes mit dem Reservoir her, worin die Luft enthalten ist, deren Pressung bestimmt werden soll, bringt die Mikrometerspitze von Neuem mit der Oberfläche des Wassers in der Glasröhre in Berührung, und liest auch den entsprechenden Mikrometerstand z_1 ab. Bezeichnet F den innern Querschnitt der Glasröhre, sowie G den des Gefäßes, so hat man das Wasserquantum, welches nach Eröffnung des Hahnes M aus dem Gefäße in die Glasröhre, oder, nach Befinden, aus der Glasröhre in das Gefäß geflossen ist, $= F(z_1 - z)$, daher folgt die entsprechende Senkung oder Erhebung der Oberfläche des Wassers im Gefäße:

$$s = \frac{F(z_1 - z)}{G},$$

und die zu bestimmende Pressungsdifferenz, gemessen durch die Höhe einer Wassersäule:

$$h = z_1 - z + s$$
$$= \left(1 + \frac{F}{G}\right)(z_1 - z),$$

z. B. für $\frac{F}{G} = \left(\frac{d}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25}$,

$$h = 1{,}04\,(z_1 - z).$$

III. Eine Ergänzung der Abhandlung über die verschiedenen Methoden der Ausflußversuche unter constantem Drucke, im X. Bande (1864) dieser Zeitschrift.

In §. 3 der Abhandlung über Ausflußversuche unter constantem Drucke in Band X des „Civilingenieur" habe ich das Verfahren, während des Ausflusses einen constanten Druck durch Hahnstellung zu erhalten, behandelt, und dabei die hierzu nöthige Zusammenstellung meines in der „Experimentalhydraulik" beschriebenen Apparates zum Grunde gelegt. Dieses Verfahren läßt sich jedoch nur beim Ausflusse unter kleinem Drucke anwenden; um auch bei größeren Druckhöhen auf ähnliche Weise verfahren zu können, habe ich später den Experimentirapparat etwas anders zusammengesetzt und auch die Ausführung der Versuche, so weit wie nöthig, abgeändert. Während bei den älteren Versuchen die Ausflußmündung in der Vorlage angebracht und diese aus dem Hauptapparate gespeist wurde, befindet sich bei den neueren Versuchen die Ausflußmündung im Hauptapparate und wird dieser durch Wasser aus der Vorlage gespeist. Figur 6 führt den hydraulischen Apparat in dieser neuen Zusammenstellung vor Augen. Das unregelmäßig zufließende oder zugedrückte Wasser wird durch die Röhre ABC aus der Vorlage V in den Hauptapparat EFH geleitet, aus welchem es durch das in eines der drei Löcher eingesetzte Mundstück F ausfließt. Während des Ausflusses

wird der Zufluß des Wassers mittels des Hahnes BC so regulirt, daß der Wasserspiegel WW im Hauptreservoir mit der Spitze des Zeigers Z immer in Berührung bleibt. Das ausfließende Wasser wird schließlich durch eine Röhre KLM in das cylindrische Gefäß G geleitet und in demselben mittels einer verstellbaren Scala geaicht. Hierbei kommt es nun darauf an, daß man das ausfließende Wasser mittels der Röhre KLM nur eine bestimmte Zeit lang in das Aichgefäß leite, vor und nachher aber an demselben vorbeifließen lasse, welches durch eine einfache Axendrehung der Röhre, wobei die Mündung M derselben ihren Ort ändert, bewirkt wird. Die übrigens sehr bekannte Berechnung eines Versuches, wodurch der Ausflußcoefficient μ des Mundstückes F gefunden wird, geht aus Folgendem hervor.

Bezeichnet G den mittleren Querschnitt des Aichgefäßes und s die Höhe der in der Zeit t eingeflossenen Wasserschicht, so hat man das Ausflußquantum pro Secunde:

$$Q = \frac{Gs}{t};$$

dasselbe ist aber auch $= \mu F \sqrt{2gh}$, wenn F den Mündungsquerschnitt des Mundstückes und die Druckhöhe, von der Spitze Z senkrecht herab bis zur Axe des letzteren gemessen, bezeichnet; daher ist der gesuchte Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{Gs}{Ft\sqrt{2gh}}.$$

Das conoidische Mundstück F, welches in Fig. 7 in der halben natürlichen Größe dargestellt ist, hatte den Mündungsdurchmesser d = 1,002 Centimeter, daher den Inhalt F = 0,7885 Quadratcentimeter, ferner der mittlere Durchmesser des Aichgefäßes betrug 0,4786 Meter, folglich der Inhalt des Querschnittes derselben 0,17990 Qu.-Meter; da noch $\sqrt{2g} = \sqrt{19{,}62} = 4{,}4295$ zu setzen ist, so hat man für die Ausflußversuche mit dem gedachten Mundstücke

$$\frac{G}{F\sqrt{2g}} = \frac{0{,}17990}{0{,}00007885 \cdot 4{,}4295} = 515{,}09.$$

Bei den Versuchen unter kleinerem Drucke, wobei das Mundstück F im mittleren Loche des Ausflußreservoirs EFH saß, war im Mittel:

die Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht:
s = 0,1925 Meter,
die Ausflußzeit: t = 149,9 Secunden, und
die Druckhöhe: h = 0,4694 Meter,

folglich ist hier:

$$\frac{s}{t\sqrt{h}} = \frac{0{,}1925}{149{,}9\sqrt{0{,}4694}} = 0{,}0018744,$$

und der Ausflußcoefficient des Mundstückes bei der kleineren Druckhöhe h = 0,4694 Meter,

$$\mu = \frac{G}{F\sqrt{2g}} \cdot \frac{s}{t\sqrt{h}} = 515{,}09 \cdot 0{,}0018744$$
$$= 0{,}9655.$$

Bei den Versuchen unter größerem Drucke, wobei das Mundstück F im unteren Loche des Ausflußreservoirs EFH saß, war dagegen im Mittel

die Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht:
s = 0,20015 Meter,
die Ausflußzeit: t = 105,9 Secunden, und
die Druckhöhe: h = 0,9704 Meter,

daher ist hier:

$$\frac{s}{t\sqrt{h}} = \frac{0{,}20015}{105{,}9\sqrt{0{,}9704}} = 0{,}0019187,$$

und es folgt der Ausflußcoefficient des Mundstückes bei der größeren Druckhöhe h = 0,9704 Meter:

$$\mu = 515{,}09 \cdot 0{,}0019187 = 0{,}9883.$$

Im Mittel ist $\mu = 0{,}977$, welches mit älteren Versuchen ganz im Einklange steht.

Um das Aichen in einem besonderen Gefäße G zu umgehen, kann man auch statt V eine genau cylindrische Vorlage von großer Weite anwenden und mittels des gewöhnlichen Zeigerstabes die Höhe messen, um welche der Wasserspiegel während des Ausflusses durch F in derselben sinkt. Die Berechnung des Versuches bleibt dann dieselbe, nur ist statt G der Querschnitt der Vorlage V in die Formel für μ einzusetzen.

Dampfschneidemühle zu Laubegast,

ausgeführt von

Fr. G. Hahn, Maschinenmeister der König-Friedrich-August-Hütte bei Dresden.

(Hierzu die Doppeltafeln 6—7 und 8—9.)

Die auf den Doppeltafeln 6—7 und 8—9 dargestellte Dampfschneidemühle kann zwar nicht durch neue und abweichende Constructionen Interesse erregen, glaubt sich aber durch Einfachheit und Zweckmäßigkeit der Anordnung, sowie durch Solidität in der Ausführung den besten ausgeführten Schneidemühlen würdig zur Seite stellen zu können.

Dieselbe ist seit Juni 1867 zu Laubegast an der Elbe in Betrieb und verarbeitet hauptsächlich Hölzer, welche in Flößen aus Böhmen herabkommen. Durchschnittlich werden in der Woche 8000 bis 8500 Cubikfuß Holz zu Bretern von 8 Ellen Länge und 1 Zoll Stärke, überdies aber noch viele Bauhölzer geschnitten, so daß die jährliche Production sich auf eine halbe Million Cubikfuß geschnittene Hölzer beläuft.

Von den drei Sägegattern, womit diese Schneidemühle versehen ist, dient das der Maschine zunächst liegende Gatter zum Besäumen der Klötzer, das zweite ist ein Vollgatter zum Schneiden von Bretwaaren und das dritte kleinere Gatter ist zum Bauholzschneiden bestimmt. Ueberdies ist noch eine Kreissäge zum Schneiden kleinerer Holzwaaren u. s. w. vorhanden. Andere Holzbearbeitungsmaschinen sollen in den an das eigentliche Schneidenmühlengebäude angebauten Räumen aufgestellt werden.

Da die zu schneidenden Hölzer meistentheils zu Wasser herankommen, so ist die ganze Anlage nahe an dem Ufer errichtet und das Souterrain niedrig gehalten, damit die Höhe vom Elbspiegel bis zum Arbeitsboden nicht zu bedeutend werde. Uebrigens dient der in Fig. 1 auf Tafel 6—7 mit A bezeichnete Aufzug mittelst einer kleinen Eisenbahn zum Heraufziehen der Hölzer aus der Elbe auf den Klötzerplatz, wo dieselben nach der Stärke sortirt werden, und den Weitertransport der Klötzer von da bis zu den Gattern besorgen zwei andere Aufzüge B, deren Eisenbahngeleise zwischen den drei Gattern, parallel zu den Wagen laufen.

Das ganze Werk wird durch eine 20pferdige Dampfmaschine mit Farcot'scher Steuerung getrieben, deren Construction nur wenig von der im XII. Bande dieser Zeitschrift beschriebenen und daselbst auf Tafel 6—7 abgebildeten 25pferdigen Dampfmaschine mit variabler Expansion abweicht. Derartige Maschinen eignen sich für Schneidemühlen ganz besonders und bewähren sich hier vorzüglich, indem sie sich sehr gut selbst reguliren. Bedenkt man nun, wie variabel der Kraftverbrauch in einer Schneidemühle ist, wie aufmerksam also der Maschinenwärter einer gewöhnlichen Dampfmaschine auf das Aus- und Einrücken der Gatter sein muß, wenn nicht Brüche oder doch mindestens sehr unegale Waaren entstehen sollen, so leuchtet ein, welche Vortheile die Anwendung von Maschinen mit variabler und selbstthätiger Expansion bei Schneidemühlen bietet.

Bei der vorliegenden Maschine beträgt der Cylinderdurchmesser 425 Millimeter, der Hub 850 Millimeter, die Umdrehungszahl 40 Touren pro Minute.

Der von der Maschine abgehende Dampf geht durch einen aufrechtstehenden Vorwärmer, in welchem das Speisewasser erhitzt wird. Letzterer besteht aus einem 18 Zoll weiten gußeisernen Cylinder, in welchem sich eine kupferne Schlange befindet, welche äußerlich vom Dampfe umspült wird und das Speisewasser durch denselben hindurchführt. Diese Construction ist nicht nur sehr wirksam, indem sie eine sehr große Heizfläche bietet, sondern bewährt sich auch noch aus dem Grunde vorzüglich, weil die Kupferspirale dem Material eine gewisse Zusammenziehung und Ausdehnung gestattet, also nicht so leicht Undichtheiten entstehen, wie bei andern Constructionen von Vorwärmern.

Die Speisewasser werden durch eine mittelst Excenter direct von der Schwungradwelle aus getriebene Speisepumpe nach dem Vorwärmer und durch diesen hindurch in den Kessel gedrückt.

Was Letzteren anlangt, so ist hierüber mit Bezugnahme auf Fig. 5 bis 7 auf Tafel 6—7 Folgendes zu bemerken.

Der Dampfkessel besteht aus einem cylindrischen Hauptkörper von 5 Fuß Durchmesser und 20 Fuß Länge, in welchem sich zwei Flammenrohre von 17 Zoll Durchmesser

befinden, und aus zwei unter dem Hauptkörper liegenden Siederohren von 22 Zoll Durchmesser, welche durch je 2 Stutzen mit dem Cylinderkessel und überdies durch zwei elliptische Rohre unter sich verbunden sind. Die totale Heizfläche beträgt 392 Quadratfuß. Zur Vermehrung des Dampfraumes ist der Cylinderkessel mit einem Dampfdome versehen.

Die Feuerung geschieht auf einem geneigten Planroste von 6 Fuß Länge und $3^3/_4$ Fuß Breite oder 22,5 Qu.-Fuß Fläche. In der Hauptsache werden Sägespäne verbrannt, doch werden pro Arbeitstag à 14 Stunden auch noch 6 bis 7 Scheffel böhmische Braunkohle verbraucht, da die Sägespäne großentheils besser verwerthet werden können.

Den auf dem Roste entwickelten Gasen wird behufs vollkommener Verbrennung durch einen Canal in der Feuerbrücke mit stellbaren Schlitzen erwärmte Luft derart zugeführt, daß der heiße Luftstrom gegen die Gase stößt und eine gute Mischung derselben bewirkt. Die abziehenden Feuergase bestreichen sodann die untere Seite des Hauptkörpers, gehen hierauf in den Flammenrohren wieder nach vorn, wenden hier nach den an den Seiten des Cylinderkessels befindlichen beiden Zügen um und ziehen abermals nach hinten, steigen dort hinab in zwei neben den Siederohren angebrachte Züge und ziehen in diesen wieder nach vorwärts bis in die Gegend der Feuerbrücke, wo sie endlich in den im untersten Theile des Kesselofens angebrachten, nach der Esse führenden Canal austreten.

Ohne Zweifel wird dieser Kesselconstruction und Einmauerung der Vorwurf der Complicirtheit und Kostspieligkeit gemacht werden, es kann auch nicht geleugnet werden, daß derartige Kessel mit besonderer Sorgfalt angefertigt und geprüft werden müssen und etwas theurer zu stehen kommen, als gewöhnliche Kessel, andrerseits ist aber auch ihre bessere Leistung genügend nachgewiesen und es haben sich bei solid angefertigten Kesseln dieser Construction bei mehrjährigem Gebrauche durchaus keine Uebelstände herausgestellt, welche der Construction Schuld gegeben werden könnten. Um die Brennmaterialersparniß nachzuweisen, sei hier angeführt, daß bei Vergleichung eines solchen Kessels mit einem andern Kessel von gleich großer Heizfläche und Rostfläche, welcher 1 Flammenrohr und 1 Siederohr besaß und in denselben Schornstein arbeitete, sich bei ersterem in 12 Arbeitsstunden eine Ersparniß von 8 Scheffeln Steinkohle herausstellte. Die Brennmaterialersparniß gleicht also die höheren Gestehungskosten in kürzester Zeit aus.

Der Vollständigkeit wegen ist indessen noch anzuführen, daß der Schornstein des in Fig. 5 bis 7 auf Tafel 6—7 dargestellten Dampfkessels im Lichten 30 Zoll weit und 110 Fuß hoch ist.

Was nun das treibende Zeug der beschriebenen Schneidemühle anlangt, so ist dasselbe so einfach wie möglich construirt. Ein an das Schwungrad der Dampfmaschine angeschraubter Zahnkranz mit 140 Holzkämmen greift in ein an der Haupttransmissionswelle sitzendes eisernes Getriebe mit 66 Zähnen und theilt derselben 95 bis 100 Umdrehungen mit. Die Letztere, welche das Schneidemühlengebäude der Quere nach durchschneidet, trägt drei 5 Fuß 6 Zoll hohe Riemenscheiben für die drei Gatter, und von diesen aus wird die Bewegung durch Riemen auf die unter den Gattern liegenden Kummetwellen mit 3 Fuß hohen Riemenscheiben übertragen, so daß die Gatter pro Minute 165 bis 170 Schnitte machen.

Die Construction der Sägegatter, des Vorschubzeuges u. s. w. ist auf Doppeltafel 8—9 im Detail mitgetheilt, so daß eine nähere Beschreibung unnöthig ist.

Fig. 4, 5 und 6 auf dieser Tafel stellen die Fundamentplatte mit Kummetwelle dar*) und es ist hieraus zu ersehen, daß auf vollkommen symmetrische Anordnung und solide Verbindung der Lager untereinander besondere Rücksicht genommen ist, um Stöße und Lockerwerden möglichst zu vermeiden. Auch ist zu bemerken, daß die Gattersäulen in besondere, an die Fundamentplatte angegossene Schuhe eingesetzt sind, was für die gehörige Absteifung des ganzen Sägegatters von besonderem Werthe ist.

Fig. 7 giebt den Gatterrahmen in der Vorderansicht, im Grundriß und in einer Seitenansicht. Derselbe ist ganz aus Schmiedeeisen und Stahl construirt und läßt daher sowohl an Solidität als Leichtigkeit nichts zu wünschen übrig. Um längere Lenkerstangen zu bekommen, greifen dieselben oben am Gatter an, weshalb der obere Querriegel in Zapfen endigt.

Fig. 8 zeigt die Einrichtung einer der vier Führungen des Gatterrahmens. Die an den Gattersäulen angeschraubten Führungsschienen sind cylindrisch abgedrehte Eisenstangen, die an dem Gatterrahmen befestigten Gleitbacken mit Futtern aus Pockholz versehen. Sämmtliche Theile der Führungen sind leicht auseinander zu nehmen und nachzustellen.

Fig. 9 stellt eine Lenkerstange in zwei Ansichten dar. Der Leichtigkeit wegen ist dieselbe aus Holz gefertigt; eiserne Strapse vermitteln die Verbindung mit dem Zapfen des obern Gatterquerriegels und dem in dem einen Arme des Schwungrades an der Kummetwelle sitzenden Kurbelzapfen.

Bezüglich der Vorschubvorrichtung ist nicht von einer continuirlichen Vorrichtung Gebrauch gemacht, weil diese einen schwereren Gang geben, als absatzweise wirkende Vorschubvorrichtungen. Bei letzteren braucht die Säge nur genau vertical aufgehangen zu werden, was weniger Geschicklichkeit verlangt, als das Aufhängen mit Busen; auch

*) Durch Versehen des Lithographen ist Fig. 6 nicht in der richtigen Stellung unter Fig. 5 gezeichnet worden. D. Red.

erfährt hier die Säge beim Niedergange eine continuirliche und nicht so starke Pressung, als bei continuirlichem Vorschube, wo sie nicht nur das Holz, welches beim Aufgange vorgeschoben wurde, sondern auch noch das, was beim Niedergange vorgeschoben wird, gleichzeitig zu verarbeiten hat.

Fig. 1, 2 und 3 der Doppeltafel 8—9 stellen die hier gewählte Frictionsschaltung dar. An Stelle eines gewöhnlichen Sperrrades mit Sperrklinke tritt hier bekanntlich ein Keilrad mit keilförmiger Sperrklinke und Sperrkegel, welche eben so sicher und weniger stoßweise arbeiten. Die Sperrklinke sitzt fest an einem Hebel, an dessen Ende eine Schubstange angreift, welche von der in Fig. 6 ersichtlichen Gegenkurbel an der Kummetwelle getrieben wird. Durch Veränderung des Hubes dieser Gegenkurbel wird der Vorschub verändert. Die neben dem Keilrade auf derselben Welle sitzende ausrückbare Riemenscheibe dient für den Rücklauf nach vollendetem Schnitte.

Aus diesen Figuren ist ferner zu ersehen, daß der Wagen auf dreieckigen Eisenbahnschienen läuft und mit einer sehr einfachen Vorrichtung zum Feststellen der Klötzer versehen ist. In Fig. 3 sieht man den vorderen Schemel mit Klotzhaltern und den Kettenzug zum Festziehen des hinteren Klotzendes. Die Klötzer werden übrigens vor und hinter dem Gatter durch Klotzsteifen festgehalten.

Nach dem beschriebenen Systeme sind von dem Verfasser in der sächsischen Schweiz schon mehrere große Schneidemühlen gebaut worden, welche überall zur Zufriedenheit der Besitzer arbeiten, u. A. bei Königstein eine Schneidemühle mit 6 Vollgattern und zwei einfachen Gattern, welche jährlich über 1 Million Cubikfuß Holz verarbeitet und besonders viel halbzollige Breter liefert. Dieselbe wird ebenfalls durch eine Dampfmaschine mit Farcot'scher Steuerung betrieben, welche bei 24 Zoll Kolbendurchmesser und 48 Zoll Hub 36 Umdrehungen pro Minute macht.

Untersuchungen über die Verbrennung der Steinkohle.

Von

Mr. A. Scheurer-Kestner in Mühlhausen.

(Nach dem Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, 1868.)

(Hierzu Tafel 10.)

Nachstehende Untersuchungen beziehen sich auf die physisch-chemischen Vorgänge bei der Verbrennung der Steinkohle in den Dampfkesselfeuerungen. Ueber den technischen Heizwerth derselben sind schon mehrfach gewissenhafte und lehrreiche Untersuchungen angestellt worden, sodaß in dieser Richtung nicht mehr viel zu thun ist. Wir erinnern in dieser Beziehung an die Arbeiten von Burnat und Dubied im 30. Bande des Bulletin*), ferner an die Untersuchungen der preußischen Steinkohlen durch Brix und der sächsischen durch Hartig, endlich an die älteren und weniger gründlichen Arbeiten von de la Bêche und Lyon Playfair über englische, und von Johnson über amerikanische Steinkohlen, wovon Letztere durch die Arbeiten der erstgenannten Experimentatoren Hartig, Brix, Burnat und Marozeau weit übertroffen werden. Wir dürfen auch die Werke von Péclet, Grouvelle und Jaunez, Wie Williams u. A. nicht unerwähnt lassen, welche die Lehre von der Verbrennung allgemeiner behandeln. Nach diesen Untersuchungen ist als bekannt anzusehen, welche Menge Wasser durch ein gegebenes Gewicht einer bestimmten Sorte Steinkohle bei einer bestimmten Feuerungsmethode und Kesselconstruction in Dampf verwandelt wird, und es ist hierbei der praktischen Seite dieser Frage alle Aufmerksamkeit zugewandt worden, indem man diejenige Steinkohlensorte, diejenige Construction und Größe der Apparate und diejenige Feuerungsmethode aufzusuchen bemüht gewesen ist, welche den günstigsten Effect giebt.

Neben dieser Seite der vorliegenden Frage verdient aber noch eine zweite Rücksicht die Beachtung des Technikers, nämlich das Verhältniß zwischen dem praktischen Heizeffect und der absoluten oder theoretischen Heizkraft. Auch diese Frage ist von Brix, Hartig, Burnat und Dubied gebührend berücksichtigt worden, indem diese Herren als theoretische Heizkraft einer Steinkohle diejenige Zahl von Wärme-

*) Siehe „Civilingenieur", Band 9 und 10.

einheiten ansehen, welche die gesonderte Verbrennung der chemischen Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff unter Berücksichtigung gewisser anzubringender Correctionen erzeugen würde, wobei sie sich auf die durch zahlreiche Analysen erforschte chemische Zusammensetzung der Steinkohlen stützen.

Unter Berücksichtigung der durch die Verbrennungsgase in den Schornstein entführten Wärmemenge fanden Burnat und Dubied zwischen dem theoretischen und praktischen Heizeffect eine Differenz bis zu 20% und einen noch beträchtlicheren Verlust geben Brix und Hartig an, welche die Menge der Verbrennungsluft nicht zu messen im Stande waren und daher der durch den Schornstein entweichenden Wärmemenge nicht Rechnung tragen konnten.

Es ist jedenfalls von großer Wichtigkeit, zu ermitteln, ob dieser große Verlust stattfindet, und ihn specieller zu zergliedern, denn wenn bei der Verwendung von Steinkohle zur Erzeugung von Dämpfen wirklich noch Fortschritte zu machen sind, so kann nur die Erkennung der verschiedenen Ursachen von Wärmeverlusten auf den Weg zu Verbesserungen führen, während andrerseits die Ergebnisse dieser Untersuchungen vor manchen unnöthigen Anstrengungen und den aus der Verfolgung chimärischer Hoffnungen folgenden Täuschungen warnen werden.

Der fragliche Unterschied zwischen dem theoretischen und praktischen Heizeffect ist aus folgenden Elementen erkannt und berechnet worden, nämlich:

aus der chemischen Zusammensetzung der Steinkohle, auf welche die Berechnung des theoretischen Heizeffectes begründet ist,
aus derjenigen der Schlacke und Asche, insofern durch unverbrannte Kohle Wärme verloren geht,
aus der Menge des verdampften Wassers und der Temperatur des erzeugten Dampfes,
aus der Menge der durch den Rost tretenden Luft und der Temperatur der abziehenden Verbrennungsgase.

Der theoretische Verlust besteht selbst aus folgenden Elementen, nämlich:

aus der Bildung brennbarer Gase, welche unverbrannt nach dem Schornsteine entweichen,
aus dem Verluste durch den abziehenden schwarzen Rauch, dessen Kohlenbestandtheile nicht verbrannt sind,
aus der Wärme, welche durch die vom Roste fallenden Schlacken und Asche verloren geht, endlich
aus dem Wärmeverluste durch Ausstralung des Kesselmauerwerkes.

Letzterer Wärmeverlust ist noch nicht bestimmt, die drei ersten sind vielleicht durch Versuche ermittelt, der vierte ist kaum experimentell zu bestimmen, sondern muß aus dem Unterschiede geschätzt werden, bis neue Versuche seine Größe genauer zu bestimmen gestatten. Um zur gehörigen Erkenntniß dieser Wärmeverluste beizutragen, sind die im Nachstehenden beschriebenen Versuche angestellt worden.

Vor Allem ist die Kenntniß des theoretischen Heizwerthes der Steinkohle nothwendig. Hierbei kann die Rechnung nur ein sehr unsicheres Resultat geben, denn die Untersuchungen von Favre und Silbermann*), sowie diejenigen von Berthelot**) haben gelehrt, daß die Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff eine Verbrennungswärme erzeugen, welche oft sehr weit von der berechneten Wärme abweicht. Man weiß also nicht, ob man nicht eine zu niedrige, oder, was wahrscheinlicher ist, eine zu hohe Ziffer für die Steinkohle genommen hat, und geht jedenfalls immer von einer Hypothese aus, deren Richtigkeit zu controliren ist.

Diese Unsicherheit habe ich durch experimentelle Bestimmung der Verbrennungswärme der Steinkohle mittelst geeigneter Apparate beseitigt.

Meine Arbeit besteht aus folgenden drei Hauptabschnitten:

1. Abschnitt: Chemische Analyse der bei der Verbrennung der Steinkohle gebildeten Gase. — Bestimmung der verbrennbaren Gase darin und des Rußes, welcher im Rauche fortgeht.

2. Abschnitt: Calorimetrische Studien. — Verbrennungswärme oder theoretische Heizkraft der Steinkohle. — Verhältniß zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Heizkraft. — Analyse der Steinkohle.

3. Abschnitt: Berechnung und praktische Data. — Studien über die Vertheilung der Wärme bei den Kesselfeuerungen. — Ermittelung des Wärmeverlustes durch Ausstralung des Mauerwerkes auf dem Wege der Vergleichung. — Ausdehnung dieser Erörterungen auf die von andern Experimentatoren ausgeführten Versuche und auf Kohlen verschiedenen Ursprunges.

Zu meinen Versuchen benutzte ich Ronchamp'er Kohle, welche im Elsaß am meisten gebrannt wird, und auf welche sich auch die früher von der Industriellen Gesellschaft veröffentlichten Versuche beziehen.

---

*) Favre et Silbermann, recherches sur la chaleur de combustion des hydrocarbures. Annales de Chimie et de Physique (3), t. XXXIV, p. 430.

**) Berthelot, recherches de thermochimie sur les quantités de chaleur degagées dans la formation des composés organiques. Annales de Chim. et de Phys. (4), t. VI, p. 329.

Erster Abschnitt.

Ueber die Zusammensetzung der bei der Verbrennung von Steinkohle aus Ronchamp in Kesselfeuerungen entstehenden Gase.

Geschichtliche Notizen. — Die ersten Analysen der Verbrennungsgase rühren von Peclét*) her und wurden im Jahre 1827 oder 1828 zur Zeit des Erscheinens der ersten Auflage seines Werkes ausgeführt. Peclét hatte Proben von Gasen aus Dampfmaschinenschornsteinen aufgefangen, indem er eine mit Wasser gefüllte Flasche in dem aus dem Schornsteine tretenden Luftstrome auslaufen ließ. Dieses Gas wurde nacheinander mit Kali und Phosphor behandelt und Peclét schloß aus diesen Versuchen, daß bei der Verbrennung gewöhnlich die Hälfte der angesogenen Luftmenge und bei sehr starkem Zuge ein Drittheil unverbrannt entweiche.

Im Jahre 1844 veröffentlichte Ebelmen in Folge seiner ausgezeichneten Untersuchungen über die Zusammensetzung der Hohofengase eine Abhandlung über die Zusammensetzung der Gase aus den Schornsteinen der in der Industrie angewandten Oefen**), worin die Gase eines Puddel- und eines Glühofens besprochen werden. Zur Analyse dieser Gase hatte er dieselbe Methode angewendet, wie bei den Gasen der Hohöfen, also das Verfahren des Wiegens an Stelle der Analyse nach dem Volumen. Die Gase wurden mittelst eines Aspirators durch ein Porzellanrohr und zwar in Mengen von 1500 bis 2000 Cubikcentimetern angesogen, gemessen und durch ein zu zwei Drittel der Länge mit metallischem Kupfer und schwarzem Kupferoxyde gefülltes Rohr geleitet. Hierbei werden sie ihres freien Sauerstoffes beraubt, dessen Menge sich aus der Gewichtsvermehrung der Glühröhre ergiebt. Gleichzeitig gehen die brennbaren Gase in Wasser und Kohlensäure über, welche man in dem folgenden Apparate auffängt, und die Gewichtsveränderung dieser Apparate liefert gleichzeitig***) die Mengen der brennbaren Gase und den freien Sauerstoff. Ebelmen's Versuche zeigten die Existenz von brennbaren Gasen und freiem Sauerstoffe in den Gasen der Schornsteine von Puddel- und Schweißöfen und zwar wurde eine größere Menge von brennbaren Gasen bei den Schweißöfen gefunden, wo die Kohlenschicht auf dem Roste stärker ist.

*) Traité de la chaleur, t. I, p. 299. 1. édit.

**) Ebelmen, Chimie, céramique, géologie, métallurgie, 1861, t. II, p. 585.

***) Wir werden weiter unten sehen, daß es unmöglich ist, auf diesem Wege den Sauerstoffgehalt genau zu bestimmen. Man erhält stets zu viel, sowie denn auch die Versuche von Ebelmen und von Debette in den Verbrennungsgasen mehr Sauerstoff nachweisen, als in der atmosphärischen Luft, was unmöglich ist, da der Wasserstoff einen Theil Sauerstoff zu Wasser bindet.

Eine in Gemeinschaft mit Sauvage unternommene Arbeit betraf die Locomotiven und obwohl dabei nur Cokes in Frage kommen, so erwähne ich dieselbe doch hier, weil sie auf interessante Resultate führte, welche auch für Dampfkesselfeuerungen von Nutzen sind. Diese auf eudiometrischem Wege erlangten Resultate finden sich in dem Nekrologe Ebelmen's von Sauvage (Annales des mines, 1853, p. 77) und sind folgende:

1. Der Gehalt der Gase an Kohlensäure ist im Allgemeinen größer, als bei gewöhnlichen Feuerungen, während der Gehalt an freiem Sauerstoffe geringer ist.

2. Bei Personenzugsmaschinen und solchen für gemischte Züge stieg der Kohlensäuregehalt auf 12,42 bis 18,49 % des Gasvolumens, ohne daß mehr als 2 % Kohlenoxydgas erzeugt wurde, wenn die Feuerung gut geleitet wurde.

3. Güterzugmaschinen, bei denen der Rost oft mit einer dicken Cokesschicht bedeckt ist, zeigen eine stärkere Bildung von Kohlenoxydgas (bis zu 7,58 % bei 1 Meter Aufschüttung); übrigens ist die Zusammensetzung der Gase in den verschiedenen Rohrreihen eine verschiedene.

4. Während des Stationirens der Locomotiven oder nach dem Verschluß des Regulators steigert sich der Kohlenoxydgehalt noch mehr, bis zu 12 % des Volumens, woraus hervorgeht, daß eine gewisse Stärke der Cokesschicht ohne Nachtheil nicht überschritten werden darf und Expansion wie Ausblaserohr nach der Stärke der Cokesschicht regulirt werden müssen.*)

Combes berichtete im Jahre 1847 über die Mittel zur Verbrennung oder Verhütung des Rauches der Steinkohlenfeuerungen, wobei er die Analysen von Debette über die Verbrennungsgase der Steinkohle zu Grunde legte. Diese auf demselben Wege angestellten Analysen beziehen sich auf die Gase in 7 verschiedenen Stadien des Feuers gleich nach dem Aufgeben und nach dem Schüren, und sie bestätigen die Coexistenz brennbarer Gase und freien Sauerstoffes in nicht unbeträchtlichen Mengen, z. B.:

	6	7
Kohlensäure	7,73	8,61
Kohlenoxydgas	0,01	0,47
Sauerstoff „	14,27	13,80
Wasserstoff „	1,63	1,14
Stickstoff „	76,36	75,98

*) Leider haben Ebelmen und Sauvage wahrscheinlich die Gase in zersetztem Zustande untersucht, da dieselben bei sehr hoher Temperatur aufgefangen sind. Diese Erscheinung einer theilweisen und flüchtigen Zersetzung ist erst seit einigen Jahren durch die Arbeiten von Sainte-Claire Deville bekannt geworden. Uebrigens wäre auch schon ein Kohlenoxydgehalt von 2 % sehr schädlich, denn da Kohlenstoff bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd nur $\frac{1}{3}$ von der Wärme erzeugt, welche die Verbrennung zu Kohlensäure liefert, so erzeugt die An-

Diese Proben sind unmittelbar nach dem Aufgeben, bei gänzlich geöffnetem Register genommen.*)

Im Jahre 1862 publicirte Commines de Marsilly im Bull. de la Soc. indust. d'Amiens, p. 57, Analysen von den Gasen der Locomotivfeuerungen und der stehenden Dampfkessel bei Steinkohlenfeuerung. Derselbe bediente sich zum Auffangen der Gase ausgepumpter kupferner Cylinder von 10 Liter Inhalt; die Zeit der Aufnahme dauerte nur einige Secunden und es wurden aller halben Stunden 10 Cylinder gefüllt. Nähere Angaben über die Methode der Analyse fehlen; der Verfasser folgert aber, daß bei den Locomotiven nicht immer Kohlenoxyd gefunden wird, sich aber in beträchtlicher Menge bildet, wenn der Zug gegen das Ende hin sehr reducirt wird. Er fand z. B. am Ende der Fahrt:

Kohlensäure	14,0
Sauerstoff	2,2
Unverbranntes Gas	3,0
Stickstoff	80,8,

und gleichzeitig existirt auch Wasserstoff. Der Luftüberschuß betrug im Mittel 7,77 und derjenige der brennbaren Gase 0,68 %.

Bei einem gewöhnlichen Dampfkessel wurde eine große Menge (im Mittel 38,12 %) überflüssige Luft, wenig brennbares Gas**), aber eine starke Rauchentwickelung beobachtet.

Endlich sind noch die neueren Versuche von Cailletet (Bull. de la Soc. chimique, 1866, t. VI, p. 104) über die Verbrennungsgase in einem Flammofen zu erwähnen. Sie haben gezeigt, daß es unbedingt nothwendig ist, die zu analysirenden Gase nur in genügend abgekühltem Zustande aufzufangen, da in dem Gas eines sehr heißen Herdes eine viel größere Menge Kohlenoxyd gefunden wird, als in denselben Gasen, wenn sie minder heiß sind.

Hierdurch wird die Theorie von Sainte-Claire Deville über die Zersetzung der Gase bestätigt.

Dies ist Alles, was ich über die Verbrennungsgase in der Literatur habe finden können. Es ergiebt sich aus Obigem, daß in dieser Frage noch nicht Alles festgestellt ist, und daß es bei solchen Versuchen gewisse Fehlerquellen geben muß, welche erst noch aufzusuchen sind, um sie bei weiteren Versuchen zu vermeiden.

wesenheit von 2 % Kohlenoxydgas neben 12 % Kohlensäure schon einen Verlust von 11,11 % gegen den Fall der Verbrennung zu Kohlensäure allein.

*) Bei diesen Analysen ist, wie bei den Ebelmen'schen, unter Kohlenoxyd sowohl der Kohlenstoff des Kohlenoxydgases, als derjenige der Hydrocarbüre inbegriffen; ebenso umfaßt der als freier Wasserstoff bezeichnete Wasserstoff auch denjenigen, welcher an Kohlenstoff gebunden sein kann; daher ist die Angabe des Stickstoffes jederzeit zu niedrig.

**) Die bei den Locomotiven gefundene beträchtliche Menge brennbarer Gase rührt von der Dicke der Brennmaterialschicht her.

Wir sehen, daß Ebelmen's Versuche nur auf sehr kurze Beobachtungszeiten, Péclet's Analysen auf allzu kleine Quantitäten basirt sind, und daß dasselbe auch von den Debette'schen und Marsilly'schen behauptet werden muß. Jedenfalls muß man den Gang der Feuerung längere Zeit, stundenlang, studiren, wenn man mittlere, sich nicht widersprechende Resultate erzielen will.

Aus den zeitherigen Untersuchungen folgt blos die gleichzeitige Existenz des Sauerstoffes und der brennbaren Gase, aber hieraus ist noch nicht der Wärmeverlust zu bestimmen möglich, welcher davon herrührt, daß diese brennbaren Gase nicht verbrannt sind, denn man weiß noch nicht, in welchem Verhältniß sie zu der gesammten Gasmenge in den Canälen stehen. Auch geben diese Analysen nicht an, wieviel überschüssige Luft durch den Rost geht; hierüber können vielmehr blos Hypothesen aufgestellt werden.

Ebelmen hat aus seinen Versuchen geschlossen, daß die Verbrennungsgase nur wenig unverbrannte brennbare Gase enthalten, wenn der Luftüberschuß im Schornsteine 7 bis 8 % beträgt, dagegen viel mehr, wenn nur 2 bis 3 % vom Volumen der angesogenen Luft unverbrannt bleiben. Das kann zwar für einen momentanen Gasstrahl richtig sein, nicht aber für alle Verbrennungsgase der Kesselfeuerungen, denn in diesem Falle ist der Luftüberschuß viel bedeutender und doch finden sich freie brennbare Gase. Um diesen Luftüberschuß zu bestimmen, muß man entweder, wie Combes, Hirn und Burnat, die Menge der unter den Rost tretenden Luft direct messen, oder eine Probe nehmen, welche ein durchschnittliches Verhältniß giebt. Die ungenügenden Methoden zum Auffangen der Gase und die kurze Dauer dieser Operation sind die Hauptursachen der herrschenden Unsicherheit und der Unregelmäßigkeit der erzielten Resultate. Die Analysen 8 und 9 von Ebelmen geben z. B.:

	7	8	9
Kohlensäure	15,55	16,72	15,47
Kohlenoxyd	4,25	0,57	0,36
Wasserstoff	0,86	—	—
Sauerstoff	0,81	2,13	2,14
Stickstoff	78,53	80,58	82,00.

Nun bezieht sich die Analyse 8 auf den Moment nach dem Aufgeben frischer Kohlen und es müßte also zu dieser Zeit die Menge des brennbaren Gases abnehmen, während das Gegentheil stattfindet. Die Analyse 7 stimmt dagegen mit dem Sachverhältniß besser überein, da sie eine beträchtlichere Menge brennbarer Gase und selbst Wasserstoff zeigt.

Ebensolche Widersprüche finden sich bei Debette, indem die unmittelbar nach dem Aufgeben geschöpften Gase bald 2,70 (Nr. 1), bald 0,07 (Nr. 5), bald 1,61 % (Nr. 6) brennbare Gase enthalten. Bei Commines de Marsilly findet sich unter 10 Versuchen nur ein einziger, wo eine

Minute nach dem Aufgeben 5,05 % Sauerstoff und brennbare Gase, und ein anderer, wo eine halbe Minute nach dem Aufgeben 1,54 % brennbare Gase auf 4,09 Sauerstoff beobachtet worden sind.

Das aufzusaugende Gas soll aber die Zusammensetzung sämmtlicher gasförmiger Verbrennungsproducte für eine hinreichend lange Zeit repräsentiren, die Dauer der Ansaugung muß also nach den wechselnden Zuständen der Feuerung bemessen werden, welche abhängig sind:

von der mehr oder minder häufigen Oeffnung der Ofenthüre,
der mehr oder minder gleichförmigen Vertheilung der Kohlen auf dem Roste,
dem Schüren und Aufgeben,
der Häufigkeit und der Größe der Beschickungen,
der Stellung des Registers u. s. w.

Diesen Umständen habe ich mit Hilfe besonderer Apparate Rechnung zu tragen gesucht und gehe nun zur Beschreibung dieser

Apparate über. Der Dampfkessel, welcher benutzt wurde, hatte 3 Sieder und blecherne Vorwärmer; seine Hauptdimensionen waren:

Länge des Kessels . . .	6,6 Meter,
Durchmesser des Kessels .	1,2 „
Heizfläche „ „ .	12,0 Qu.-Meter,
Durchmesser der Siederohre	0,5 Meter,
Heizfläche „ „	28,0 Qu.-Meter,
Länge der Vorwärmer .	7,9 Meter,
Durchm. „ „ .	0,5 „
Heizfläche	71 Qu.-Meter,
Gesammte Heizfläche . .	111 „
Länge des Rostes . . .	1,28 Meter,
Breite „ „ . . .	1,40 „
Abstand der Roststäbe . .	0,008 „
Rostfläche	1,79 Qu.-Meter,
Fläche der Zwischenräume .	0,51.

Auf Tafel 10 sind die benutzten Apparate und ihre Aufstellung angegeben.

Da ein Gasometer mit Wasser nicht angewendet werden konnte, weil die Absorptionscoefficienten der in den Verbrennungsproducten auftretenden Gase verschieden sind, und da wegen des erforderlichen großen Volumens und der großen Menge Quecksilber ein Gasometer mit Quecksilber auch nicht anwendbar war, so habe ich einen Apparat zu construiren gesucht, welcher mir bei Anwendung des Wassers zum Saugen die Füglichkeit der Auffangung der Gase unter Quecksilber ohne Berührung mit Wasser gestattete, und nach manchem vergeblichen Versuche habe ich folgende Vorrichtung getroffen, welche sich vollkommen bewährt hat, und welche zugleich eine sehr genaue Messung der Gasmenge gestattete.

Figur 1 stellt das Quecksilber-Gasometer vor. Es besteht aus einem 3 Liter fassenden Gefäß aus starkem Glase mit zwei Hälsen, einer oben, einer unten, welches 40 Kilogramme Quecksilber hält und einer Mariotte'schen Flasche mit Quecksilber statt Wasser zu vergleichen ist. Der obere Hals ist durch einen, unten ausgehöhlten Korkstöpsel mit zwei Löchern für die Glasröhren a und b verschlossen. Letzteres Röhrchen endigt im obersten Punkte der Aushöhlung des Korkes, so daß sich das Gefäß mit Quecksilber füllen läßt, ohne daß eine Luftperle darin bleibt, wenn der Hahn des Rohres b geöffnet ist.

Das Manometerrohr c dient zum Messen des Druckes im Innern. Das Rohr d ist, wie das Manometerrohr in einem den horizontalen Hals der Flasche schließenden Kautschuckstopfen befestigt und läßt sich darin drehen, so daß es die Stellung wie in Fig. 1, oder diejenige wie in Fig. 5 annehmen kann. Das Röhrchen a verschiebt sich leicht in dem Stöpsel und kann ohne Gasverlust höher oder tiefer gestellt werden. Alle übrigen Fugen sind mit Paraffin gedichtet, nur das Rohr a ist geschmiert.

Zum Cubiciren, welches mit Wasser ausgeführt wurde, wurde das Gasometer horizontal gelegt, das Rohr a bis auf den Boden hinabgestoßen, das Gasometer mit Wasser gefüllt, und das obere Ende von a mit Wachs verschlossen, damit dieses Rohr voll Wasser bleibt, wenn sich das Gefäß entleert, und damit also dieselben Verhältnisse vorhanden sind, wie beim Messen des Gases; das in dem Rohre enthaltene Gasvolumen kommt in Abzug von demjenigen des Gasometers. Es sind auf diese Weise 15 Punkte der Scala bestimmt worden, während die andern durch Interpolation bestimmt sind.

Figur 2 auf Tafel 10 stellt das Auffangerohr dar. Es besteht aus einem 10 Millimeter weiten, 700 Millim. langen Platinrohre ab, welches der Länge nach einen Schlitz cd von einigen Zehntel-Millimeter Weite besitzt, am Ende b mit einem Platinstopfen geschlossen und am Ende a an ein Kupferrohr ae angelöthet ist, welches in einem Liebig'schen Abkühlrohre fg mit 2 Ansätzen o und r zum Eintritte und Austritte des Wassers liegt.*) Das Rohr ae ist bei e offen und trägt ein Ansatzrohr h. Die Ansaugung des Gases erfolgt durch den Schlitz im Platinrohre, und da derselbe durch Ruß leicht verstopft wird, was Unregelmäßigkeiten in der Aufnahme und vielfache Unterbrechungen veranlaßt, so ist zum Reinigen ein bewegliches Stäbchen ik mit einer in den Schlitz hineingreifenden

*) Meist wird an Stelle des Platinrohres ein Kupfer- oder Eisenrohr zu verwenden sein, wenn man nicht zu heiße oxydirende Gase behandelt, von denen ein Theil des Sauerstoffes beim Durchgange verloren gehen würde.

Platinschneide k am Ende, welche von dem Ringe l getragen wird, angebracht. Dasselbe geht in den Führungen m und n am Abkühlrohre, sowie durch die Scheibe p, welche zum Festhalten des Kittes, womit der Apparat am Kesselofen befestigt ist, dient, und damit keine Luft zutreten kann, ist das Stäbchen durch eine Kautschukplatte zwischen den Scheiben p und q gedichtet. Der Schnitt nach ab zeigt die Schneide in dem Schlitze und ihre Befestigung am Stäbchen.

Bei meinen ersten Versuchen bediente ich mich zweier Gasometer von je 50 Liter Inhalt, welche abwechselnd als Aspiratoren fungirten. Da aber zu den Versuchen mehrere Cubikmeter Gas in Zeit einiger Stunden aufzufangen waren, so wurde dieses Manoeuvre zu unbequem und ich wendete dafür den einfachen continuirlichen Saugapparat an, welchen Fig. 3 von vorn und Fig. 4 von der Seite im Aufriß darstellt. Wenn das Rohr eb in eine dazu bestimmte Oeffnung im Mauerwerke eingesteckt ist, so liegt der Theil ab desselben in dem die Gase abführenden Zuge. Nun wird das Ende e durch einen Kautschukschlauch mit dem Bleirohre v verbunden, welches wieder an ein anderes Bleirohr yz gelöthet ist. Oeffnet man den Hahn y, so läuft durch dasselbe Wasser aus einem hochgestellten Reservoir ab und durch geschickte Stellung der beiden Hähne y und x kann man im Rohre v und mithin auch im Apparate eab ein Saugen herstellen, dessen Stärke von der Länge des Rohres yz und von der ausfließenden Wassermenge abhängig ist. Das durch evx angesogene Gas folgt dem Wasser nach dem Behälter z, wo es gemessen werden kann.

Die Figuren 3, 4 und 5 geben die allgemeine Zusammenstellung des Apparates. Das Gasometer steht auf einem Bleche mit aufgebogenen Rändern, um Quecksilberverluste beim Füllen zu verhüten. Ein eisernes Rohr a′b′ läßt dieses Quecksilber in ein untergestelltes Gefäß laufen. Zwei Träger c′c′ nehmen das Quecksilbergefäß auf, aus welchem das Gasometer gefüllt wird, und hierzu dient ein durch den oberen Hals a des Gasometers eingeführter Glasheber. Die Röhren d′e′ dienen zum Füllen des Kühlrohres. Das Saugrohr ab fängt durch den Schlitz auf seine ganze Länge Gas auf, wenn darin eine Depression von einigen Millimetern Quecksilbersäule erhalten wird. Die Stellung der Hähne x und v ist nach dem pro Zeiteinheit in z gemessenen Gasvolumen zu richten und Letzteres betrug 4 bis 5 Liter pro Minute. Während des Austrittes von Gas durch die Oeffnung des Rohres e erfolgt auf dem Wege des Gases weiteres Saugen durch das mit dem Gasometer communicirende Rohr h und durch Stellung des Austrittshahnes d des Gasometers erzeugt man in h ein Saugen, durch welches im Voraus ein gewisses Gasquantum abgezogen wird, welches bei meinen Versuchen $^1/_{250}$ bis $^1/_{500}$ der ganzen Menge betrug.

Details der Versuchsmethode. — Um in dem Quecksilbergasometer möglichst Gas von durchschnittlicher Zusammensetzung zu erhalten, schien mir die Erfüllung folgender Bedingungen nothwendig:

es mußte von den nach dem Schornsteine abziehenden Gasen ununterbrochen und während der ganzen Dauer des Versuches ein Theil abgeleitet werden,

die Entnahme der Gase mußte durch eine längliche, eine lange Seite des Essencanales einnehmende Oeffnung erfolgen,

von der aufgefangenen Gasmenge mußte wieder ein Theil, welcher deren mittlere Zusammensetzung repräsentirte, weggenommen werden.

Es erkennt nämlich schon das bloße Auge, daß die Verbrennungsgase der Kesselfeuerungen Ströme von nicht homogener Natur sind, weshalb die Auffangöffnung eine größere Ausdehnung erhalten muß. Andererseits kann nur ein Durchschnittsresultat verhofft werden, wenn man ein bedeutendes Volumen auffängt; hierzu wäre aber ein sehr großes Gasometer nöthig, was sich kaum herstellen ließe, da die Gase nicht unter Wasser aufgefangen werden können.

Diese Schwierigkeit habe ich durch eine doppelte Gasauffangung zu umgehen gesucht, indem die Gase zunächst von dem Rohre bac (Fig. 2 und 4) und aus diesem wieder mittelst des Rohres a am Gasometer und der Röhre h aufgesogen werden.

Gewöhnlich fing ich ungefähr $^1/_{1000}$ des ganzen in den Schornstein abziehenden Gasquantums auf und hiervon gelangte $^1/_{250}$ bis $^1/_{500}$ in das Quecksilbergasometer, so daß dieses ungefähr $^1/_{500000}$ sämmtlicher Verbrennungsproducte enthielt. Dieses letztere Gasquantum repräsentirte aber sehr wahrscheinlich das richtige Mittel, wie die Uebereinstimmung der Resultate bezeugt.

Man beginnt mit dem Einlegen des Rohres bac in die dazu bestimmte Oeffnung; die Linie mu in Fig. 4 markirt die Grenze des Canales. Die Scheibe pq (Fig. 2) ist auf der inneren Seite mit Kitt bestrichen, das Kautschukrohr ha (Fig. 3 und 4) bei a mittelst eines Glasstöpsels geschlossen.

Soll nun die Aspiration beginnen, so muß das Gasometer ohne Luftzutritt mit dem Rohre h in Verbindung gesetzt werden. Man öffnet daher die Hähne der Röhren c und b (Fig. 1) und schließt d; fängt das Quecksilber bei b zu laufen an, so schließt man diesen Hahn und läßt das Quecksilber bis a steigen, so daß es die Röhren und das Gasometer ganz füllt. Nun verbindet man das Rohr a mit dem Halse h (Fig. 4) mittelst Kautschuk, drückt aber, um die Luft auszutreiben, nach Entfernung des Glasstopfens das Rohr zwischen den Fingern und saugt mit dem Munde, bis das Gas des Rohres cab die Kautschuk-

röhre füllt, worauf man sie am Gasometer befestigen kann. Läßt man nun das Quecksilber durch die Oeffnung der Röhre d (Fig. 3) auslaufen, so tritt das Gas durch a in das Gasometer ein.

Bei den ersten Versuchen war die untere Oeffnung von a ganz frei; da aber in diesem Falle das Gas stoßweise und ungleichförmig einströmte, so habe ich die Röhre a unten spitz ausgezogen, wodurch eine sehr regelmäßige Einströmung bewirkt worden ist.

Ist der Apparat derartig in Gang gebracht, so braucht man nur von Zeit zu Zeit den Krätzer i in dem Schlitze der Auffangröhre hin- und herzuschieben, um die Aspiration in gutem Gange zu erhalten. Man braucht übrigens blos die Differenzen der Quecksilbersäulen im Gasometer und in der Manometerröhre zu beachten, um zu erkennen, ob der Schlitz gehörig offen ist. Diese Differenz betrug bei meinen Versuchen 2 bis 3 Millimeter, stieg aber, sobald der Schlitz sich zu verstopfen anfing, merklich und ging dann nach der Reinigung wieder auf das frühere Maaß zurück.

Wenn die Operation beendigt, d. h. das Gasometer genügend mit Gas gefüllt ist, so schließt man den Hahn d, nimmt die Kautschukröhre a b ab, biegt die Abflußröhre d in die in Fig. 5 angegebene Stellung, und kann nun das Gasometer forttragen, ohne Gasverluste oder Eintritt von atmosphärischer Luft fürchten zu müssen. Um aber auch die Absorption in Folge der Abkühlung zu vermeiden, thut man wohl, etwas Quecksilber in die Röhre a zu gießen, wodurch im Gasometer eine Spannung von einigen Millimetern erzeugt wird.

Zum Messen des Gasvolumens wird das Gasometer auf einen horizontalen Tisch gelegt, die Röhre a (Fig. 1) bis an den Boden hinabgeschoben, also in die Stellung gebracht, die sie beim Cubiciren hatte, ein Thermometer in dieselbe eingeführt und die Temperatur abgelesen; man findet also die Spannung des Gases, indem man die Barometersäule um die mittelst des Kathetometers zu messende Differenz der Quecksilbersäulen im Manometer und im Gasometer vermehrt oder vermindert. Da die Gase stets mit Wasserdämpfen gesättigt sind, so muß man die Correction bezüglich der Spannung der Wasserdämpfe bei der beobachteten Temperatur anbringen.

Auf dieselbe Weise wird nachher das Volumen der im Gasometer gebliebenen Gasmenge bestimmt, wenn das zum Analysiren erforderliche Gas weggenommen ist.

Figur 5 zeigt den nach Ebelmen's Methode zum Analysiren der Gase zusammengestellten und mit einigen Modificationen versehenen Apparat. Da diese Methode der Gasanalyse hinreichend bekannt ist, so braucht sie hier nicht erst beschrieben zu werden; ich bemerke nur, daß ich zum Ausziehen des Gases aus dem Gasometer einen gläsernen Heber, dessen Ausflußmenge bestimmt war, und welcher das Quecksilber durch die Röhre a in die Flasche ablaufen ließ, angewendet habe (Fig. 5). Die Verbindung des Gasometers mit diesem Apparate ist ohne Schwierigkeit herzustellen; um ihn in Gang zu setzen, braucht man nur den Hahn b zu öffnen und den Heber S mit Quecksilber anzulassen.

Dieser Apparat giebt das Gewicht der Kohlensäure direct; die brennbaren Gase werden in Wasser und Kohlensäure zerlegt, welche in den Röhren t, t′, t″ zurückbleiben, und hieraus ist Kohlenstoff und Wasserstoff berechnet worden. Den Sauerstoff habe ich nicht in der Weise, wie Ebelmen bestimmt und zwar aus folgenden Gründen.

Weil Ebelmen Gase analysirte, welche kein Kohlenwasserstoffgas enthielten, so konnte alles bei der Analyse in Kohlensäure übergegangene Gas nur von Kohlenoxyd herrühren; bei der Behandlung von Kohlenwasserstoffverbindungen ist dies aber nicht so. Ebelmen läßt die ihres Kohlensäuregehaltes beraubten Gase zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes durch ein mit metallischem Kupfer gefülltes, rothglühendes Rohr und dann über eine Schicht Kupferoxyd streichen, wobei natürlich aller Sauerstoff von dem metallischen Kupfer aufgenommen und Wasserstoff, sowie Kohlenoxyd, oder vielmehr die Kohlenwasserstoffverbindungen, in der zweiten Hälfte der Röhre in Wasser und Kohlensäure zerlegt werden. Da das geglühte Rohr vor und nach dem Versuche gewogen war, so hatte Ebelmen zu der zur Bildung des Wassers und der Kohlensäure verwendeten Sauerstoffmenge blos noch die Gewichtszunahme dieser Röhre zu addiren, um die ganze in den Gasen vorhandene Sauerstoffmenge zu finden; dieser einfache Weg ist aber bei Gasen, welche Hydrocarburette enthalten, nicht anwendbar.

Wenn Kohlensäure von Kohlenoxydgas herrührt, so hat sie 36,4 % ihres Gewichtes an Sauerstoff aufgenommen, wenn sie dagegen auf Kosten einer Kohlenwasserstoffverbindung entstanden ist, so hat sie 72,8 % von ihrem Gewichte an Sauerstoff gebraucht, folglich kann die Ebelmen'sche Methode bei den Verbrennungsproducten der Steinkohle, welche gleichzeitig Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffverbindungen enthalten, nur zu Irrungen führen.

Ich habe an Stelle der Bestimmung des Sauerstoffgehaltes durch Wägen die eudiometrische Bestimmungsweise gewählt, also gleichzeitig die Kohlensäuremenge gewogen.

Nach dem Vorausgeschickten halte ich mich für berechtigt, die von mir analysirten Gasproben für richtige Durchschnittsproben zu erklären, aus denen das zur Verbrennung der Steinkohle verwendete Luftquantum von bekannter Zusammensetzung, sowie der Verlust zu berechnen ist, welcher durch das Entweichen brennbarer Gase im Schornsteine herbeigeführt wird; und da die aufgefangenen Gase das Ergebniß sorgfältig geleiteter und zweckmäßig

abgeänderter Verbrennungsversuche sind, so glaube ich hieraus auch die theoretischen Bedingungen ableiten zu können, welche für eine ökonomisch richtige Heizung mit Steinkohle in Bezug auf die Zusammensetzung der gasförmigen Verbrennungsproducte zu erfüllen sind.

Theorie des Rauches. — Durch diese Untersuchungen blieb aber noch die Frage über die Bedeutung des in höchst fein vertheiltem Zustande als schwarzer Rauch entweichenden Kohlenstoffquantums unerledigt. Zwar ist Jedermann bekannt, daß der reine Kohlenstoff beim Verbrennen, und zwar selbst bei ungenügendem Luftzutritte, niemals Rauch erzeugt. Holzkohle, Coke erzeugen keinen Rauch, wogegen die kohlenwasserstoffhaltigen Körper sofort Rauch geben, sobald sie bei nicht genügendem Luftzutritte verbrennen, einige davon sogar nicht ohne Rauchbildung angezündet werden können.

Man findet in manchen chemischen Werken die Ansicht ausgesprochen, daß die Rauchbildung in folgender Weise vor sich gehe. Wenn ein kohlenwasserstoffhaltiger Körper angezündet sei und zu brennen anfange, so oxydire sich zuerst der Wasserstoff als der brennbarste Stoff, und wenn nicht mehr genug Sauerstoff zur Verbrennung des Kohlenstoffes vorhanden sei, so entweiche dieser als Ruß. Dieser Erklärungsversuch, welcher allerdings stets nur als Hypothese aufgestellt worden ist, verdient aber wenig Beachtung, denn er geht von falschen Voraussetzungen aus. Wenn man nämlich einen kohlenwasserstoffhaltigen Körper anzündet, also die Molecule in denjenigen Zustand versetzt, auf welchen eine Oxydirung der ganzen Substanz durch freiwillige Mittheilung folgen soll, so darf man diesen Körper nicht als ein einfaches Gemenge von Wasserstoff und Kohlenstoff ansehen, auch stellt man abermals blos eine Hypothese auf, wenn man den Wasserstoff für leichter brennbar erklärt, als die Kohle, denn eine kohlenwasserstoffhaltige Verbindung enthält gasförmigen Kohlenstoff (est un composé de vapeur de carbone) und wir wissen Nichts über die größere oder geringere Brennbarkeit des gasförmigen Kohlenstoffes. Obige Erklärung ist also nichts weiter, als eine Vermuthung.

Seit einigen Jahren sind aber weitere Beobachtungen gesammelt worden und auf Grund dieser Entdeckungen ist es möglich, eine Theorie des Rauches zu geben. Hierzu fuße ich auf die Arbeiten der Herren Sainte-Claire Deville über die Dissociation und Berthelot über die Einwirkung der Wärme auf die Hydrocarburette. Herr Sainte-Claire Deville hat gezeigt, daß sich bei genügend starker Erwärmung eines Gases seine Elemente von einander trennen; kühlt man plötzlich dieses zersetzte Gemenge ab, so findet man in dem kalten Gase ein einfaches Gemenge an Stelle der ursprünglichen Verbindung. Geht aber die Abkühlung langsam vor sich, so treten die Elemente wieder in die ursprüngliche Verbindung zusammen. Andererseits hat Herr Berthelot dargethan, daß sich bei hohen Hitzegraden aus gewissen zusammengesetzten Körpern, besonders dem Kohlenwasserstoffe, neue Verbindungen auf Kosten der Elemente der ursprünglichen Verbindung bilden können, und daß dabei Kohlenstoff ausgeschieden werden kann.

Durch diese beiden Entdeckungen ist die Frage der Rauchbildung nahezu gelöst. Betrachten wir, was auf einem mit Steinkohlen beschickten Roste vor sich geht, so sehen wir, daß bei einem mit halbverbrannter Kohle bedeckten, also glühenden Cokes führenden Roste kein Rauch gebildet wird, wogegen sich, sobald frische Kohle in das Feuer geworfen wird, schwarzer Rauch zu entwickeln und in die Rauchcanäle zu entweichen beginnt. Dieser Rauch nimmt aber immer mehr ab und verschwindet zuletzt ganz, bis wieder von Neuem aufgeschüttet wird.

Hierbei findet folgender Vorgang statt. In dem Moment, wo die Steinkohle auf die brennende Masse geworfen wird, erfahren die darin enthaltenen Kohlenwasserstoffverbindungen die Einwirkung einer hohen Temperatur und fangen zu destilliren an. Diese Dämpfe entzünden sich bei der Berührung mit atmosphärischer Luft sofort und verzehren den Sauerstoff der Umgebung. Wird letzterer nicht durch Zuführung neuer Luftmengen ersetzt, so zieht in die Esse ein Gasstrom ab, welcher sich in dem Zustande befindet, wie er von dem Roste ausgegangen ist, nämlich in unvollkommen verbranntem Zustande, und welcher deshalb noch Kohlenwasserstoffverbindungen enthält. Dies ist die erste sich darbietende Hypothese. Zweitens befinden sich nach der Deville'schen Theorie die Kohlenwasserstoffverbindungen im Moment ihrer Entwickelung in einem sehr hohen Hitzegrade, wo sie ein Gemenge von Kohlenstoff und Wasserstoff im Gaszustande bilden; sie verbrennen also vollkommen, wenn ein genügendes Luftquantum dazu treten kann, verbrennen aber bei ungenügendem Luftzutritte nur unvollkommen und fallen in den ersten Zustand zurück, wenn die Abkühlung langsam erfolgt. Und wenn die Abkühlung plötzlich eintritt, wie dies bei der Berührung mit dem Gemäuer und selbst beim Zusammenstoß mit dem kalten Luftstrome geschehen kann, so wird sich Kohlenstoff in der Gestalt von Ruß ausscheiden und Wasserstoff frei werden, woraus sich die Gegenwart von freiem Wasserstoffe in den gasförmigen Verbrennungsproducten, sowie diejenige einer neuen Quantität von Kohlenwasserstoffverbindungen erklärt, welche sich nach der Deville'schen Theorie in Folge partiellen Wiederzusammentretens bilden.

Drittens wird nach der Berthelot'schen Bemerkung das aus der Kohle sich entwickelnde und der Temperatur des Feuerraumes ausgesetzte Hydrocarburet zersetzt, wobei sich neue Verbindungen mit Ausscheidung von Kohle bilden, kurz schwarzer Rauch entwickelt. Findet genügender Luftzutritt statt, so verb- [illegible] wenn aber die Luft

fehlt, so bleibt der Rauch neben den neuen entwickelten Kohlenwasserstoffverbindungen bestehen.

Dies ist die Art, wie Rauch entsteht. Daß dabei Luftmangel als eine wesentliche, wo nicht die einzige Ursache bezeichnet wurde, mag für den Augenblick überraschend erscheinen, da bekanntlich die Verbrennungsproducte der Steinkohle stets überschüssige Luft enthalten, allein der hier gemeinte Luftmangel bezieht sich nur auf einen bestimmten in's Auge gefaßten Gasstrom und die aus dem Feuerraume aufsteigenden Gase sind wie ein Complex von verschiedenen parallel nebeneinander hinziehenden Gasströmen mit mehr oder weniger Sauerstoffgehalt zu betrachten. Wenn sich diese verschiedenen Schichten beim Umspülen der Dampfkessel einmal gemischt haben, so können sie schon so abgekühlt worden sein, daß der Sauerstoff auf die brennbaren Gase keine Wirkung mehr auszuüben vermag. Der Rauch bildet sich also trotz des Ueberschusses von atmosphärischer Luft, welcher in der Gesammtmasse der Verbrennungsproducte der Steinkohle vorhanden ist, wegen des localen Mangels an Luft in gewissen Gasschichten.

Hieraus folgt auch, daß zur Verminderung oder Verhütung der Rauchbildung eine gehörige Mengung der Gase unmittelbar nach ihrem Austritte vom Roste erforderlich ist. Diese Forderung ist durch Versuche längst erkannt und sie findet hier eine rationelle Begründung. Als erste gelungene Anwendung des Mischungsverfahrens verweisen wir auf die Hartig'schen Versuche. Die Hartig'sche Feuerung bestand aus zwei nebeneinander liegenden und durch eine kleine Mauer getrennten Rosten, auf welche abwechselnd aufgegeben wurde. Die Gase vereinigten sich in der Mitte gegen das hintere Ende des Rostes hin, wodurch die von den beiden Rosten aufsteigenden Gasströme sich gegeneinander zu brechen und daher untereinander zu mischen genöthigt waren. Der Erfolg war Abnahme des Rauches.

Brix verminderte die Rauchentwickelung bis zur völligen Unterdrückung desselben durch Zuführung von etwas Luft in sehr vertheiltem Zustande hinter der Feuerbrücke. Mit dieser Luft wurde dem Gasstrome zu einer Zeit, wo die brennbaren Gase noch heiß genug waren, um sich entzünden zu können, Sauerstoff zugeführt und darin zugleich ein für ihre Mischung sehr günstiger Wirbel erzeugt, aber es geschah dies nicht ohne erhöhten Brennmaterialverbrauch.

Thierry's Verfahren endlich, welches Herr Burnat versucht hat, und worüber in dieser Zeitschrift Bericht erstattet worden ist, besteht in der Einspritzung von Wasserdampf nahe hinter der Feuerbrücke. Derselbe erzeugt keine chemische Wirkung, sondern blos eine mechanische, und bewirkt die Rauchverminderung nur dadurch, daß er die Gase zur innigen Mischung bringt.

Ein von mir öfters wiederholter Versuch ist folgender: Wenn man nahe hinter der Feuerbrücke durch eine Oeffnung in der Mauerung ein metallenes Rohr in den Gasstrom einführt, so bemerkt man, daß sich auf seiner Oberfläche Ruß ansetzt, sobald man dieses Rohr durch einen Strom kalten Wassers im Innern abkühlt, und daß sich diese Rußkruste so lange vermehrt, bis sie so stark ist, daß die Einwirkung des kalten Wassers auf die Oberfläche unmerkbar wird. Hebt man nun die Zuführung kalten Wassers auf und neigt man das Rohr so, daß es ganz ablaufen kann, so verschwindet der angesetzte Ruß nach und nach, und wenn das Rohr die Temperatur des umgebenden Mittels angenommen hat, so bildet sich kein derartiger Niederschlag mehr, wogegen das Rohr sich sofort wieder mit Ruß bedeckt, sobald man auf's Neue kaltes Wasser in sein Inneres eintreten läßt. Die eben mitgetheilte Theorie erklärt diese Erscheinung sehr leicht. Stoßen die momentan zersetzten Gase auf eine kalte Fläche, so schlägt sich der Kohlenstoff in Folge der raschen Abkühlung auf dieser Fläche nieder; er wird wieder aufgelöst und in Kohlensäure verwandelt, sobald der aus dem Verbrennungsraume zuströmende Sauerstoff durch eine genügend hohe Temperatur dies zu thun in Stand gesetzt ist.

Da nun die Theorie der Rauchbildung erkannt ist, so könnte man sich gewissermaßen die Bestimmung der Rußmenge ersparen, denn die Menge Ruß, welche die gasförmigen Verbrennungsproducte der Steinkohle enthalten, muß ihrem Gehalte an brennbaren Gasen entsprechen; ich habe indessen zwei hierauf bezügliche quantitative Proben vorgenommen.

Quantitative Bestimmung des Rauches. — Hierzu bediente ich mich einer Röhre, deren eines Ende sich in den Essencanal öffnete; da ich aber zur Erzielung der durchschnittlichen Menge nicht dasselbe Verfahren anwenden konnte, dessen ich mich zur Analyse der Gase bedient hatte, so habe ich hierzu das Gas in möglichster Entfernung von dem Feuerraume aufgefangen. Während dasselbe zur Gasanalyse da aufgefangen wurde, wo es den Kessel verläßt, also fremde Luft noch nicht zugetreten sein kann, so erfolgte zur Bestimmung des Rauches die Auffangung des Gases beim Austritte von den Vorwärmern, nachdem die Verbrennungsproducte bis dorthin vier Umkehrungen gemacht hatten, also jedenfalls hinreichend gemengt waren. Anfangs bediente ich mich einer gläsernen, am Ende spitz ausgezogenen und mit pulverisirtem Quarz gefüllten Röhre und eines Gasometers, welches die angesogene Gasmenge maaß und sie in die Röhre einsaugte. Der Ruß wurde an den Quarzkörnern abgesetzt. Zweckmäßiger erwies sich aber folgende Methode, auf welche ich von einem meiner Freunde aufmerksam gemacht wurde. Herr Minary, Ingenieur zu Besançon, hatte nämlich die Idee gehabt, Amiant anzuwenden und die Rußmenge durch die Methode des Wägens

zu bestimmen, und ich adoptirte hiervon die Anwendung des Amiants an Stelle des Quarzes.

Die von mir benutzte Röhre ist ähnlich eingerichtet wie diejenige, deren man sich zur Verbrennung organischer Substanzen bedient; sie ist auf 20 Centimeter Länge mit Amiant gefüllt, welcher durch zwei Kupferspiralen im mittleren Theile der Röhre festgehalten wird. Das starke, im Canale liegende Ende und das spitz ausgezogene Stück sind mit dem Aspirator verbunden. Es war nöthig, den Amiant im mittleren Theile der Röhre anzubringen, weil ich nicht die Methode des Wägens, welche mir nicht zuverlässig genug erschien, anwendete, sondern den Ruß in Kohlensäure verwandelte und die gebildete Kohlensäuremenge wog. Hierzu muß ein Sauerstoffgasstrom durch die den Ruß enthaltende Röhrenlänge geleitet werden, während diese in einem Kohlenfeuer liegt und rothglühend gemacht wird. Das entstehende Kohlensäuregas wird getrocknet und in einem tarirten Kaliapparate aufgefangen.

Dieser Versuch ist sehr leicht durchzuführen, da der Ruß sich an Glas fast gar nicht ablagert und gänzlich vom Amiant festgehalten wird. Uebrigens war in den beiden von mir ausgeführten Proben sämmtlicher Ruß in einigen wenigen Centimetern Amiant sitzen geblieben.

Analysen.

Vorbemerkungen. — Die bei den Versuchen benutzte Steinkohle von Ronchamp hatte in runden Ziffern folgende Zusammensetzung:

Asche	21,0
Kohlenstoff	70,0
Wasserstoff	4,0
Sauerstoff	4,0
Stickstoff	1,0
	100,0.

Auf diese Zusammensetzung habe ich mich bei den nachfolgenden Rechnungen gestützt, unter Vernachlässigung der Asche; übrigens habe ich als Einheit die Verbrennung von 1 Kilogramm Steinkohle genommen. Durch den Vergleich mit der Zusammensetzung der Gase ergiebt sich dann das Volumen der durch den Rost zugeführten Luftmenge, sowie der durch die Entwickelung brennbarer Gase herbeigeführte Verlust.

Da diese Rechnung bei allen Analysen wiederholt wird, so brauche ich blos den Weg anzugeben, den ich eingeschlagen habe, sowie die Formeln, mit deren Hilfe man unmittelbar zu dem gesuchten Resultate gelangen kann.

Ein Kilogramm Steinkohle der angegebenen Sorte enthält 700 Gramme Kohlenstoff, wovon sich der größte Theil in Kohlensäure, ein anderer Theil aber auch in Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffverbindungen umändert.

Ich setze voraus, daß die beiden Quantitäten Kohlensäure V und Kohlenoxydgas V_1 sämmtlichen verbrannten Kohlenstoff enthalten, wobei also vorläufig die im Zustande von Kohlenwasserstoffverbindungen verlorengehende Kohlenstoffmenge, welche eigentlich von dem ursprünglichen Kohlenstoffgehalte der Steinkohle abzuziehen wäre, außer Acht gelassen wird. Die Gasanalyse zeigt nun die Sauerstoffmenge, welche der überschüssig vorhandenen Luftmenge entspricht; auch muß zur Reconstruction der ursprünglichen Beschaffenheit der Gase einer gewissen Sauerstoffmenge Rechnung getragen werden, welche durch die Verbrennung des Wasserstoffes zu Wasser verschwunden ist, und die sich bei der Gasanalyse nicht nachweisen läßt, weil man die durch diese Oxydation gebildete Wassermenge nicht wägen kann.

Man hat also zu bestimmen:

1. das durch Verbrennung von 1 Kilogramm Steinkohle gebildete Gasvolumen bei 0° Temperatur und 760 Millimeter Pressung,
2. die ursprünglich durch den Rost angesogene, der Verbrennung von 1 Kilogr. Steinkohle entsprechende Quantität von atmosphärischer Luft.

Ein Volumen Kohlensäure entsteht aus einem gleichen Volumen Sauerstoff; die durch die Analyse ermittelte Kohlensäuremenge giebt also ohne weitere Correction die ursprüngliche Sauerstoffmenge. Beim Kohlenoxydgas entsprechen aber zwei Volumina einem Volumen Sauerstoff, es ist also die bei der Analyse gefundene Menge von Kohlenoxydgas auf die Hälfte zu reduciren, um die entsprechende Sauerstoffmenge zu finden. Die überschüssige Sauerstoffmenge bedarf keiner Correction und die Stickstoffmenge kann ebenfalls als unverändert angesehen werden; denn wenn auch hierzu eigentlich die ursprünglich in der Steinkohle vorhandene Menge Stickstoff (8 Liter pro Kilogramm) hinzuzurechnen wäre, so glaube ich doch diese Correction ihres geringen Einflusses wegen unterlassen zu können.*)

Wegen der Gegenwart von Kohlenwasserstoffverbindungen und freiem Wasserstoffe wäre noch eine andere Correction nöthig, dieselbe ist aber unmöglich, weil man den Zustand der Dichtheit dieser beiden Gase in den Verbrennungsproducten nicht kennt. In dieser Beziehung sind also die Analysen nicht ganz genau und es ist möglich, daß im Allgemeinen die gefundene Stickstoffmenge etwas zu gering ist.

Kurz, die Kohlenstoffmenge von 700 Grammen, welche in 1 Kilogramm Steinkohle enthalten ist, ist in zwei den bei der Probe gefundenen Mengen von Kohlensäure und Kohlenoxydgas proportionale Theile zu theilen, das Volumen der ganzen Kohlensäure zu berechnen und hieraus das ganze Volumen der Verbrennungsgase zu bestimmen,

*) Uebrigens habe ich gefunden, daß die Verbrennungsgase bei schwachem Zuge Cyanverbindungen enthalten.

hiervon aber die Hälfte des Volumens des Kohlenoxydgases abzuziehen und endlich ein Quantum von 195,8 Litern hinzuzufügen, welches dem bei der Verbrennung des Wasserstoffes verschwundenen Sauerstoffe entspricht.

Letztere Ziffer ist nach dem Gehalte von $3^1/_2$ Procent Wasserstoff in der Kohle berechnet, indem $^1/_2$ Procent dieses Elementes durch die 4 Procent Sauerstoff gebunden wird, welche durch die Analyse in der Kohle nachgewiesen sind.

Man erhält hiernach die Formel:

$$x = 100 \frac{\frac{700\,v}{v+v^1} \cdot \frac{3{,}66}{1{,}966}}{v} = \frac{700 \,.\, 3{,}66}{1{,}966\,(v+v_1)},$$

wenn v das in 100 Theilen des analysirten Gases enthaltene Volumen Kohlensäure,

v_1 das Volumen des Kohlenoxydgases

bedeutet. Hiervon ist die Correction bezüglich des Kohlenoxydgases $\frac{x\,v_1}{200}$ abzuziehen und die constante Menge von 195,8 Litern hinzuzuaddiren.

Die eingetretene Luftmenge X wird somit:

$$X = \frac{700 \,.\, 3{,}66}{1{,}966\,(v+v_1)} - \frac{x\,v_1}{200} + 195{,}8$$
$$= \frac{130{,}315}{v+v_1} - \frac{651{,}575\,v_1}{v+v_1} + 195{,}8$$

Für andere Steinkohlensorten, als diejenige von Ronchamp hätte man allgemein

$$X = \frac{3{,}66\,c}{1{,}966\,(v+v_1)} - \frac{x\,v_1}{200} + \frac{h}{0{,}178},$$

wo c die in 1 Kilogramm der fraglichen Steinkohle enthaltene Menge Kohlenstoff in Grammen,

h die in 1 Kilogramm dieser Steinkohle enthaltene Menge Wasserstoff in Grammen,

v und v_1 die Volumina der Kohlensäure und des Kohlenoxydgases in Procenten, endlich

x das Glied $\frac{3{,}66 \,.\, c}{1{,}966\,(v+v_1)}$

bedeutet.

Diese Formel giebt allerdings nur einen Näherungswerth, indem zu einer exacten Bestimmung dem nicht verbrannten Wasserstoffe und dem als Hydrocarburet entwichenen Kohlenstoffe Rechnung getragen werden müßte; allein letztere Quantitäten können vernachlässigt werden, die Correction wegen des Wasserstoffes würde z. B. nur das an sich unbedeutende Glied $\frac{h}{0{,}178}$ afficiren.

Um endlich den Ueberschuß an atmosphärischer Luft E zu finden, braucht man nur das Volumen v_2 der in Procenten ausgedrückten Sauerstoffmenge mit 4,761 zu multipliciren, also

$$E = 4{,}761 \,.\, v_2,$$

da nach Bunsen die atmosphärische Luft 20,97 Procent Sauerstoff enthält und $\frac{100}{20{,}97} = 4{,}761$.

Bei meinen ersten Analysen war bei der Auffangung des Gases mit keiner besonderen Sorgfalt verfahren worden; der Heizer hatte für die Führung des Feuers keine weiteren Vorschriften erhalten, als in Bezug auf die Oeffnung des Registers. Da der Kessel nicht überlastet war, so konnte die Feuerung unschwer nach den Bedürfnissen der Versuche regulirt werden. Auch bediente ich mich bei diesen Vorversuchen der endiometrischen Analyse, vernachlässigte die Bestimmung der Menge der Kohlenwasserstoffverbindungen und beschränkte mich auf die directe Ermittelung des Kohlenoxydes, der Kohlensäure und des Sauerstoffes.

Letztere drei Bestimmungen wurden nach der Bunsen'schen Methode ausgeführt, nämlich die Kohlensäure durch eine Kalikugel an einem Stücke Platindraht, das Kohlenoxyd- und Sauerstoffgas durch Kugeln von Papiermaché, ebenfalls an Platindraht, eine mit saurem Halbchlorkupfer (chlorure cuivreux acide), die andere mit dickem pyrogallussaurem Kali (pyrogallate de potassium syrupeux) imprägnirt. Nach diesen beiden Absorptionen wurde das Gas vor dem Ablesen mittelst einer Kalikugel getrocknet.

Man wird im Allgemeinen finden, daß bei diesen Gasen der Stickstoffgehalt größer ist, als bei der atmosphärischen Luft. Ein Theil dieses Ueberschusses rührt, wenn die Menge der Kohlenwasserstoffverbindungen nicht bestimmt ist, von diesen her, doch bleibt noch ein Ueberschuß, wenn man diesen Hydrocarbureten auch Rechnung trägt, und zwar in Folge der Verbrennung des Wasserstoffes der Steinkohle, wodurch eine gewisse Menge Sauerstoff verschwindet.

Erster Versuch. — Gewöhnliche Feuerung. Verbrauch ungefähr 0,45 Kilogr. pro Stunde und Quadratdecimeter Roststäche. Dauer der Aspiration 2 Stunden 30 Minuten.

		Beobacht. Volumen.	Druck.	Temperatur.	Volumen bei 0° u. 1 Met. Druck.
Anfängliches feuchtes Volumen		1071	543,5	15,5°	64,79
Nach der Absorption durch	Kalihydrat	929	545,9	15,7	56,32
	pyrogallussf. Kali	890	547,6	18,8	53,19
	Kupferchlorür	885	542,0	17,3	52,65

		In Procenten.
Angewendetes Volumen	64,79	
Kohlensäure	8,47	13,08
Sauerstoff	3,13	4,84
Kohlenoxyd	0,54	0,83
Stickstoff	52,65	81,25
		100,00.

Hieraus ergiebt sich als Resultat:

Nicht verbrannte atmosphärische Luft	23,04
Todte Gase	76,96
	100,00.

Wendet man auf diese Analyse die oben aufgestellte Formel zur Berechnung des unter den Rost zutretenden Luftquantums an, so erhält man 9525 Liter pro Kilogr. Steinkohle und andererseits ist das Volumen der Verbrennungsgase bei 0° C. und 0,76 Meter Barometerstand 9375 Liter, worin 78 Liter oder dem Gewichte nach 97 Gramme Kohlenoxydgas mit 41,5 Grammen Kohlenstoff enthalten sind.

Während dieses Versuches haben sich also 5,85 Procent des Kohlenstoffes als Kohlenoxydgas entwickelt.

Zweiter Versuch. — Bei diesem Versuche wurde das Essenregister absichtlich ganz geöffnet, das Feuer war also sehr lebhaft und die Verbrennung erfolgte unter beträchtlichem Luftzutritte. Dauer der Aspiration 3 Stunden 30 Minuten. Verbrauchte Steinkohle 350 Kilogr. Die aufgefangene Gasmenge entspricht also diesem Steinkohlenquantum.

		Beobacht. Volumen.	Druck.	Temperatur.	Volumen bei 0° u. 1 Met. Druck.
Anfängliches	feuchtes Volumen	1310	536,3	15,1°	81,82
Nach der	Kalihydrat	1242	537,0	18,2	75,49
Absorption	pyrogallusſ. Kali	1090	535,3	17,7	66,14
durch	Kupferchlorür	1079	535,9	16,0	65,80

Demnach

		in Procenten
angewendetes Volumen	81,82	
Kohlensäure	6,33	7,73
Sauerstoff	9,35	11,42
Kohlenoxyd	0,34	0,41
Stickstoff	65,80	80,44
	81,82	100,00.

Hieraus berechnet sich

Unverbrannte atmosphärische Luft	54,37
Todte Gase	45,63
	100,00.

und wenn man die Rechnung für die beiden Gasvolumina durchführt, ergeben sich pro Kilogramm Steinkohle:

16009 Liter gasförmige Verbrennungsproducte bei 0° und 0,76 Meter Spannung,

16182 Liter unter den Rost zugeströmte Luft.

Erstere 16009 Liter enthalten 65,6 Liter oder 81,3 Gramme Kohlenoxydgas mit 34,8 Grammen Kohlenstoff.

Bei diesem Versuche sind also 4,97 Procent des Kohlenstoffes im Zustande des Oxydes entwichen.

Dritter Versuch. — Bei diesem Versuche war das Register so wenig wie möglich geöffnet, das Feuer also nur mit einer sehr geringen Luftmenge genährt; bei jeder Oeffnung der Thür schlug dicker Rauch heraus, wenn neu aufgegeben wurde.

Dauer der Auffangung 4 Stunden. Verbrannte Steinkohlenmenge ungefähr 400 Kilogramme.

		Beobacht. Volumen.	Druck.	Temperatur.	Volumen bei 0° Temp. u. 1 Met. Spannung.
Anfängliches	feuchtes Volumen	1401	525,7	16°	19,224
Nach der	Kalihydrat	1201	532,8	15,1	16,526
Absorption	pyrogallusſ. Kali	1173	543,2	17	15,983
durch	Kupferchlorür	1170	521,4	18,4	15,802

		In Procenten:
Verwendetes Gasvolumen	19,224	
Kohlensäure	2,698	14,03
Sauerstoff	0,543	2,82
Kohlenoxyd	0,181	0,94
Stickstoff	15,802	82,21
	19,224	100,00.

Dieses Resultat führt auf:

unverbrannte Luftmenge	13,42
todte Gase	86,58
	100,00

Für die Volumina berechnen sich pro Kilogr. Steinkohle

8687 Liter Verbrennungsgase bei 0° und 0,76 Meter Spannung,

8728 Liter zugeströmte Luft.

Obige 8687 Liter enthielten 81,6 Liter Kohlenoxydgas

mit 43,3 Grammen Kohlenstoff; es sind also 6,19 Procent des Kohlenstoffes in Kohlenoxydgas verwandelt worden.

Vierte Probe. — Die folgenden Analysen sind nach der gemischten Methode der Wägungen und Volumina gemacht worden.

Das Gas wurde in der letzten Periode nach dem Putzen des Rostes aufgefangen; Dauer 1 Stunde.

Dicke Kohlen- und Schlackenlage auf dem Roste.
Register nur wenig geöffnet.
Angewendetes Gasvolumen: 1743 Cub.-Centim. bei 0° und 0,76 Meter. *)

Kohlensäure	0,479 Gramme,	
Entstandenes Wasser, corr.	0,0176	H = 0,0019
Entstandene Kohlensäure	0,0606	C = 0,0163.

	Beobacht. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Volumen bei 0° und 1 Met. Druck.
Anfängliches feuchtes Volumen	35,61	686,8	22,3	22,624
Nach der Kalikugel	30,67	682	20,3	19,481
„ dem pyrogallussf. Kali	29,322	662,8	18,2	18,231.

verwendetes Volumen	22,624
Kohlensäure	3,143
Sauerstoff	1,250.

Berechnet man die Zahlen der Gewichtsanalyse auf Gasvolumina, so erhalten wir die Zusammensetzung des Gases wie folgt:

	Gewichts-Anal.	Volumen-Anal.
Stickstoff	78,75	
Kohlenoxyd	13,80	13,90
Sauerstoff	5,53	5,53
Wasserstoff	1,06	
Kohlenstoff	0,86	
	100,00.	

Dieses Resultat läßt sich schreiben:

Unverbrannte atmosphärische Luft	26,32
Todte Gase	73,48
	100,00,

oder nach dem Volumen:

9443 Liter Verbrennungsproducte,
9638 „ zugeführte atmosphärische Luft.

In den 9443 Litern waren enthalten 94,4 Liter oder 8,36 Gramme Wasserstoff und 81,20 Liter oder 87 Gramme Kohlenstoff und es haben sich demnach

12,4 Procent des Kohlenstoffes im Zustande von Kohlenoxydgas und Hydrocarburet und

20,7 Procent des Wasserstoffes als freier Wasserstoff und in Verbindung mit Kohlenstoffe verloren.

Fünfte Analyse. — Bei diesem Versuche wurde die Kohlenschicht sehr dünn gehalten. Dauer der Aspiration 8 Stunden. Während dieser Zeit wurde einmal geschlackt. Zug heftiger als beim vorigen Versuche. Verwendetes Gasvolumen auf 0° und 0,76 Meter Barometer reducirt 1641,3 Cubikcentimeter.

Kohlensäure	0,2795 Gramme,		
Entstandenes Wasser	0,0078	„	H = 0,00086
„ Kohlensäure	0,0088	„	C = 0,0024.

	Beobacht. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Volumen bei 0° und 1 Met. Spannung.
Anfängliches feuchtes Volumen	42,91	715,7	19,3°	28,70
Nach der Kalikugel	39,00	716,2	17,8	26,25
„ dem pyrogallussf. Kali	35,47	698,2	19,3	23,14.

Verwendetes Volumen	28,70
Kohlensäure	2,45
Sauerstoff	3,11.

In Procenten ausgedrückt:

	Gewichts-Anal.	Volumen-Anal.
Stickstoff	79,88	
Kohlensäure	8,62	8,53
Sauerstoff	10,83	10,83
Wasserstoff	0,53	
Kohlenstoff	0,14	
	100,00.	

Daher betrug

die verbrannte Luftmenge	51,42
todte Gase	49,58
	100,00.

Für die beiden Volumina ergiebt sich:

15117,7 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
15313 „ zugeführte atmosphärische Luft.

Erstere enthielten 80,1 Liter oder 7,1 Gramme Wasserstoff und 21,1 Liter oder 22,5 Gr. Kohlenstoff in Gasform, daher gingen bei diesem Versuche verloren:

*) Die Beobachtungsdata waren folgende:

	Volumen vorher.	Volumen nachher.
	2758	766
Thermometer	21,7°	21,5°
Barometer	736,1	736,3
Volumen bei 0° und 0,76	2410	667.

3,21 Procent des Kohlenstoffes als Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffverbindung,
17,7 Procent des Wasserstoffes als freier Wasserstoff und in den Hydrocarbureten.

Sechste Analyse. — Man versuchte, dem Zuge dieselbe Spannung wie bei dem 4. Versuche zu geben, hielt also das Register sehr wenig offen, dabei aber auch die Kohlenschicht dünn, und gab in kleinen Portionen auf.

Dauer der Aspiration 8 Stunden.

Verwendetes Gasvolumen bei 0° und 0,76 Meter Barometer: 1720,2 Cubikcentimeter.

Kohlensäure	0,449 Gramme,	
Entstandenes Wasser	0,0151 „	H = 0,00167.
„ Kohlensäure	0,0352 „	C = 0,0224.

	Beobacht. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Volumen zu Anfange, feucht	42,212	716,1	19,1°	28,25
Nach der Kalikugel	37,18	709,3	23,0	24,42
„ dem pyrogallussf. Kali	34,943	701,1	18,7	22,93.

Verwendetes Volumen	28,25
Kohlensäure	3,83
Sauerstoff	1,49.

In Procenten ergab sich:

	Gewichts-Anal.	Volumen-Anal.
Stickstoff	79,93	
Kohlensäure	13,21	13,46
Sauerstoff	5,27	5,27
Kohlendampf	0,52	
Wasserstoff	1,08	
	100,00.	

Das Ergebniß ist demnach:

Nicht verbrannte Luftmenge	25,09
Todte Gase	74,91
	100,00.

Die Rechnung giebt für die Volumina:

9798 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
9993 „ dem Roste zugeführte Luft.

In ersteren Producten befanden sich 97,9 Liter oder 8,72 Gramme Wasserstoff und 50,9 Liter oder 53,6 Gramme Kohlenstoff, es ergiebt sich daher ein Verlust von

7,65 Procent Kohlenstoff im Zustande des Kohlenoxydgases und in den Kohlenwasserstoffverbindungen,
21,7 Procent Wasserstoff als freier Wasserstoff und in letzteren Verbindungen.

Bei den späteren Versuchen ist die Verbrennung der Steinkohle methodisch geleitet worden. Es wurde eine Reihe von Versuchen durchgeführt, bei welchen die Menge der pro Stunde und Quadratdecimeter Rostfläche verbrannten Steinkohle von einem Minimum allmälig bis zu einem Maximum gesteigert wurde, nämlich von 0,166 bis 0,925 Kilogramm. Um bezüglich des Aufgebens die möglichste Gleichförmigkeit zu erzielen, wurden die einzelnen Chargen im Voraus gewogen und zu bestimmten Zeiten eingeworfen, wozu zwei Mann, der eine zum Wiegen und zum Angeben der Zeit, der andere zum Einwerfen der Kohle und zum Stellen des Registers, verwendet wurden. Das Register bekam so viel Oeffnung als zum Verbrennen der aufgegebenen Kohlenmengen in der bestimmten Zeit erforderlich war, auch trug man Sorge, die Kohle so regelmäßig als möglich über den Rost auszustreuen. Aber trotz dieser Sorgfalt ist es nicht gelungen, eine vollkommene Gleichförmigkeit des Zuges zu erzielen, so daß gewisse Versuche mit mehr überschüssiger Luft angestellt worden sind, als andere. Dieser Unregelmäßigkeit muß bei der Discussion der Ergebnisse Rechnung getragen und nur von den miteinander vergleichbaren Versuchen gefolgert werden. Könnte man sehr viel Versuche verschiedener Art mit den erforderlichen Analysen durchführen, so würde man allerdings zu noch zuverlässigeren Ergebnissen gelangen, dies ist mir aber bis jetzt noch nicht möglich gewesen; übrigens ist zu hoffen, daß derartige Versuche nach der angegebenen Methode anderweit werden wiederholt werden.

Bei den folgenden Versuchen habe ich auch jedesmal die Maximaltemperatur bestimmt, welche die Gase beim Austritte aus den Vorwärmern besaßen.

Siebente Analyse. — Kohlenverbrauch pro Stunde und Qu.-Decimeter Rostfläche = 0,166 Kilogr. Dauer der Absorption 3 Stunden. Alle 10 Minuten wurden 6 Kilogr. Kohle aufgegeben. Höchste Temperatur der Gase 94°.

Verwendetes Gasvolumen (reducirt) 1664,6 Cubikcentim.

Kohlensäure	0,2706 Gramme,	
Entstandenes Wasser	0,007 „	H = 0,0007777
„ Kohlensäure	0,0028 „	C = 0,0007636.

	Beobacht. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Volumen zu Anfange, feucht	26,034	646,1	15,2°	15,94
nach der Kalikugel	24,080	649,6	16,2	14,64
„ dem pyrogallussf. Kali	21,478	637,4	18,2	12,83.

Verwendetes Volumen	15,94
Kohlensäure	1,30
Sauerstoff	1,81.

Es ist zu bemerken, daß bei dieser kleinen Kohlenmenge eine gleichförmige Bedeckung des Rostes sehr schwierig war und dieserhalb ein bedeutender Ueberschuß von Luft vorhanden war.

In Procenten folgt:

	Gewichts-Anal.	Volumen-Anal.
Stickstoff	79,86	80,23
Kohlensäure	8,23	8,15
Sauerstoff	11,35	11,35
Kohlenstoff	0,04	
Wasserstoff	0,52	
	100,00,	

oder es wurde gefunden:

Nichtverbrannte Luft	53,78
Todte Gase	46,22
	100,00.

Nach dem Volumen:

15891 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
16086 „ zugeführte atmosphärische Luft.

In ersteren waren enthalten

6,35 Liter oder 6,75 Gramme Kohlenstoff und
82,6 „ „ 7,2 „ Wasserstoff.

Demgemäß sind verloren gegangen

0,9 Procent des Kohlenstoffes als Kohlenoxyd und Wasserstoffverbindung,
18,1 Procent Wasserstoff im freien Zustande und an Kohlenstoff gebunden.

Achte Analyse. — Kohlenverbrauch pro Stunde und Quadrat-Decimeter Rostfläche = 0,23 Kilogr.; der Rost war stets gut bedeckt. Dauer der Gasaspiration: 3 Stunden. Alle 8 Minuten wurden 7 Kilogramme eingeworfen. Höchste Temperatur der Gase beim Austritte aus den Vorwärmern: 93,2°.

Verwendetes Gasvolumen (reducirt auf 0° und 0,76 Meter Barometer): 1613,7 Cubikcentimeter.

Kohlensäure	0,4116	Gramme,	
Erzeugtes Wasser	0,0126	„	H = 0,00140,
„ Kohlensäure	0,0178	„	C = 0,00485.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen	44,009	716,1	18°	29,56
Nach dem Kalihydrate	39,077	707,5	19,1	25,80
„ „ pyrogallusf. Kali	37,206	699,9	21	24,17

Verwendetes Volumen	29,56
Kohlensäure	3,78
Sauerstoff	1,63.

Hieraus folgt in Procenten:

	Gewichts-Anal.	Volumen-Anal.
Stickstoff	80,34	81,25
Kohlensäure	12,89	12,72
Kohlendampf	0,28	
Sauerstoff	5,53	5,53
Wasserstoff	0,96	
	100,00.	

oder:

Unverbrannte Luft	26,18
Todte Gase	73,82
	100,00.

Dem Volumen nach berechnen sich:

10877 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
11072 „ Luftvolumen, welches durch den Rost ging.

Die 10877 Liter Gase enthielten

103,6 Liter oder 8,9 Gramme Wasserstoff und
30,2 „ „ 32,5 „ Kohlendampf (vapeur de carbone),

sodaß bei diesem Versuche

4,64 Procent des Kohlenstoffes in oxydirtem Zustande oder an Wasserstoff gebunden und
22,3 Procent des Wasserstoffes in freiem Zustande oder an Kohle gebunden

verloren gegangen sind.

Neunte Analyse. — Kohlenverbrauch pro Stunde und Quadrat-Decimeter Rostfläche 0,47 Kilogr. Alle 4 Minuten wurden 7 Kilogr. Kohle eingeworfen. Dauer der Aspiration 3 Stunden. Höchste Temperatur der unter dem Vorwärmer abziehenden Gase 126°.

Da die Gase viel Kohlenstoff enthielten, so habe ich ihren Gehalt an Kohlenoxydgas durch die Methode der Volumina bestimmt.

Verwendetes Gasvolumen (reduc.) 1559,9 Cub.-Centim.

Kohlensäure		
Erzeugtes Wasser	0,0069	H = 0,000766
„ Kohlensäure	0,0571	C = 0,0155.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen	40,414	708,6	18,8°	26,79
Nach dem Kalihydrate	35,021	699,6	19,4	22,87
„ „ pyrogallusf. Kali	34,319	692,0	20,2	22,12
„ „ Kupferchlorür	33,866	689,5	18	21,889.

Verwendetes Volumen	26,79
Kohlensäure	3,92
Sauerstoff	0,75
Kohlenoxydgas	0,24.

In Procenten:

Stickstoff	80,66
Kohlensäure	14,63
Kohlenoxyd	0,86
Kohlendampf	0,49
Wasserstoff	0,56
Sauerstoff	2,80
	100,00.

Nicht verbrannte Luftmenge	13,32 Proc.
Todte Gase	86,88 „
	100,00.

Dem Volumen nach ergeben sich also:

8407 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
8550 „ durch den Rost zugetretene Luft.

In ersterer Menge waren enthalten:

47 Liter oder 4,2 Gramme Wasserstoff,
72 „ Kohlenoxyd, entsprechend 38,6 Gr. Kohlenstoff,
42 „ oder 44,9 Gramme Kohlenstoff.

Bei diesem Versuche sind also

10,5 Proc. des Wasserstoffes in freiem Zustande oder an Kohle gebunden,
5,5 „ „ Kohlenstoffes im Zustande des Oxydes und
6,4 „ „ „ in Wasserstoffverbindungen

verloren gegangen.

Zehnte Analyse. — Verbrauch von Kohlen pro Stunde und Quadratdecimeter Rostfläche 0,925 Kilogramm. Alle 2 Minuten wurden 7 Kilogr. eingeschüttet. Dauer der Aspiration 3 Stunden. Am Ende des Versuches wurde die Gasauffangeröhre rothglühend. Höchste Temperatur der Gase 156°.

Verwendetes Gasvolumen (reduc.) 1552,3 Cubikcentim.

Kohlensäure	0,3278 Gramme,	
Erzeugtes Wasser	0,0024 „	H = 0,000266,
„ Kohlensäure	0,0095 „	C = 0,0026.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen	41,767	710,6	18,7°	27,779
Nach dem Kalihydrate	37,257	707,4	18,4	24,693
„ „ pyrogallussf. Kali	34,319	695,1	20,4	22,193.

Analysirtes Gasvolumen	27,779
Kohlensäure	3,086
Sauerstoff	2,500.

In Procenten:

Stickstoff	79,76
Kohlensäure	10,87
Kohlengas	0,19
Wasserstoff	0,19
Sauerstoff	8,99
	100,00,

oder:

Unverbrannte Luft	42,84
Todte Gase	57,16
	100,00.

Berechnet man die Volumina, so erhält man

13000 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
13195 „ zugeströmte Luft

und in ersteren Gasen waren enthalten:

24,7 Liter = 2,2 Gr. Wasserstoff,
24,7 „ = 26,7 „ Kohlendampf,

daher sind verloren gegangen:

6,3 Proc. des Wasserstoffes, in freiem Zustande und mit Kohle verbunden, sowie
3,1 „ des Kohlenstoffes in oxydirtem Zustande und als Wasserstoffverbindung.

Elfte Analyse. — Kohlenverbrauch pro Stunde und Quadratdecimeter Rostfläche 0,47 Kilogr., wie beim 9. Versuche, aber mit Chargen von 14 Kilogrammen (anstatt 7) in Zwischenräumen von 8 Minuten. Höchste Temperatur der Gase 128°.

Bei diesem Versuche habe ich sowohl den ganzen Kohlenstoffgehalt, als auch das Kohlenoxyd für sich nach der gasometrischen Analyse bestimmt.

Verwendetes Gasvolumen (reduc.) 1833,7 Cubikcentim.

Kohlensäure	0,499	
Entstandenes Wasser	0,0165	H = 0,00183
„ Kohlensäure	0,1062	C = 0,0289.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen	42,654	709,7	24°	27,828
Nach dem Kalihydrate	36,146	706,2	21,1	23,701
„ „ pyrogallussf. Kali	35,783	703,2	24,5	23,093
„ „ Kupferchlorür	35,497	699,4	23,8	22,819

Analysirtes Volumen	27,828
Kohlensäure	4,127
Sauerstoff	0,608
Kohlenoxyd	0,274.

In Procenten ausgedrückt:

	Gewichts-Anal.	Volumen-Anal.
Stickstoff	80,60	
Kohlensäure	14,16	14,79
Kohlenoxyd	0,97	0,97
Kohlenstoff	0,98	
Sauerstoff	2,18	2,18
Wasserstoff	1,11	
	100,00,	

wofür sich auch schreiben läßt:

Unverbrannte Luft	10,47
Todte Gase	86,48
Brennbare Gase	3,05
	100,00.

Berechnet man die Gasvolumina pro Kilogramm Steinkohle, so erhält man

8248 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
8393 „ zugeströmte Luft.

In ersterem Gasvolumen waren enthalten:

83,3 Liter = 7,4 Gramme Wasserstoff,
79,5 „ Kohlenoxydgas, entsprechend 39,7 Liter = 42,4 Gramme Kohlenstoff und
82,0 „ = 87,7 Gramme Kohlenstoffgas.

Hiernach sind bei diesem Versuche verloren gegangen:

18,5 Proc. des Wasserstoffes, in freiem Zustande und an Kohlenstoff gebunden,
6,05 „ „ Kohlenstoffes als Kohlenoxydgas,
12,5 „ „ Kohlenstoffes in Verbindung mit Wasserstoff,

Bemerkenswerth ist endlich, daß bei diesem Versuche die durch den Rost gegangene Luftmenge eine geringere als beim 9. Versuche war.

Zwölfte Probe. — Kohlenverbrauch pro Stunde und Quadratdecimeter Rostfläche = 0,4 Kilogr., eingetragen in Mengen von 7 Kilogr. in Pausen von 5 Minuten. Höchste Temperatur der Gase beim Austritte aus dem Vorwärmeraume 119°. Registeröffnung sehr knapp.

Verwendetes Gasvolumen (reduc.) 1592,0 Cubikcentim.

Kohlensäure	0,450 Gramme,		
Entstandenes Wasser	0,017	„	H = 0,00193
„ Kohlensäure	0,0987	„	C = 0,0269.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen	41,546	704,8	20,8°	27,243
Nach dem Kalihydrate	35,897	697,4	20,4	23,189
„ „ pyrogallusf. Kali	34,977	696,3	18,6	22,805
„ „ Kupferchlorür	34,773	696,1	19,7	22,577

Analysirtes Volumen	27,243
Kohlensäure	4,054
Sauerstoff	0,384
Kohlenoxydgas	0,228.

In Procenten angegeben:

Stickstoff	80,38
Kohlensäure	14,87
Kohlenoxyd	0,84
Kohlenstoffgas	1,15
Wasserstoff	1,35
Sauerstoff	1,41
	100,00.

Hiernach erhält man

Unverbrannte Luft	6,66
Brennbare Gase	3,34
Todte Gase	90,00
	100,00.

Die Gasvolumina pro Kilogramm Steinkohle waren:

8236 Liter gasförmige Verbrennungsproducte,
8389 „ zugeströmte atmosphärische Luft

und in ersteren waren enthalten:

106,9 Liter oder 9,5 Gramme Wasserstoff
68,8 „ Kohlenoxydgas mit 34,4 Liter oder 36,3 Gr. Kohlenstoffdampf,
90,0 „ oder 96,3 Gramme Kohlenstoffdampf.

Demgemäß waren verloren gegangen:

23,7 Procent des Wasserstoffes in freiem und gekohltem Zustande,
5,1 „ des Kohlenstoffes als Oxyd,
13,7 „ „ „ in gasförmigem Zustande.

Dreizehnte Analyse. — Dieselben Verhältnisse, wie vorher, aber etwas mehr Registeröffnung. Höchste Temperatur der Gase 135°.

Verwendetes Volumen (reduc.) 1400,8 Cubikcentimeter.

Kohlensäure	0,369 Gramme,		
Entstandene Kohlensäure	0,0253	„	C = 0,0069
„ Wasser	0,0107	„	H = 0 00119.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen.	42,4111	710,5	20,7°	28,012
Nach dem Kalihydrate	36,665	707,6	18,8	24,274
„ „ pyrogallusf. Kali	35,541	701,7	22,8	23,216

Analysirtes Volumen	28,012
Kohlensäure	3,738
Sauerstoff	1,058.

Den Procenten nach wurden gefunden:

		Vol.-Analyse.
Stickstoff	81,52	81,48
Kohlensäure	13,34	13,21
Sauerstoff	3,77	
Kohlenstoff	0,46	
Wasserstoff	0,91	
	100,00,	

was man auch wie folgt ausdrücken kann:

Unverbrannte Luft	17,61
Verbrennbare Gase	1,37
Todte Gase	81,02
	100,00.

Dem Volumen nach ergeben sich pro Kil. Steinkohle:

9725 Liter Verbrennungsgase,
9920 „ zugeströmte Luft

und in ersteren waren enthalten:

87,5 Liter oder 7,8 Gramme Wasserstoff und
45,6 „ „ 48,1 „ Kohlenstoff,

so daß die Verluste sich berechnen auf:

19,5 Proc. des Wasserstoffes in freiem und gekohltem Zustande,
6,8 „ „ Kohlenstoffes als Oxyd und Kohlenwasserstoffverbindung.

Vierzehnte Analyse. — Dieselben Verhältnisse wie vorher, aber mit Aufgebemengen von 14 Kilogr., in Pausen von 10 Minuten.

	Beob. Volumen.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Volumen.
Anfängliches feuchtes Volumen	42,987	710,6	25°	27,985
Nach dem Kalihydrate	37,433	708	25,9	24,225
„ „ pyrogallussf. Kali	35,739	699	23,7	22,988
„ „ Kupferchlorür	35,560	700	23,7	22,921.

Hieraus ergiebt sich in Procenten:

Stickstoff	80,18
Kohlensäure	13,43
Sauerstoff	4,42
Kohlenoxyd	0,24
Kohlenstoffgas	0,32
Wasserstoff	1,41
	100,00,

oder mit andern Worten:

Unverbrannte Luft	20,94
Brennbare Gase	1,12
Todte Gase	77,94
	100,00.

Auf 1 Kilogramm Steinkohle wurden erhalten:

9724 Liter Verbrennungsgase,
9919 „ zugeströmte atmosphärische Luft,

und in ersteren waren enthalten:

97 Liter oder 8,6 Gramme Wasserstoff,
23,3 „ Kohlenoxydgas mit 11,6 Liter oder 12,4 Gr. Kohlenstoff,
31,1 „ oder 32,1 Gramme Kohlendampf,

woraus sich der Verlust berechnet auf

21,6 Proc. des Wasserstoffes in freiem und gekohltem Zustande,
1,7 „ „ Kohlenstoffes als Oxyd,
4,6 „ „ Kohlenstoffes in Gasgestalt.

Rauchanalysen.

Die bei der Auffangung des Rauches angewendete Methode ist oben beschrieben worden. Die mit Amiant gefüllte Glasröhre wurde vorher rothglühend gemacht und ein Strom Sauerstoff hindurchgeleitet.

Erste Probe. — Dauer der Auffangung 1 Stunde. Feuer lebhaft. Zug beträchtlich.

Gasmenge bei 0° und 0,76 Meter Barom.: 86 Liter.

Ungefähre Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Kohlensäure	8,5
Ueberschüssige Luft	53,4
Rest	38,1
	100,0.

was ungefähr

15360 Litern Luft (bei 0° und 0,76 Met. Barometer)

auf 1 Kilogr. verbrannte Steinkohle entspricht.

Der Ruß blieb nur auf 3 bis 4 Centim. Länge am Amiant sitzen, während der übrige Amiant vollkommen rein blieb, aber helle Wassertröpfchen enthielt, welche für die Reinheit des abziehenden Gases zeugten.

Gegen Ende des Versuches wurde die Aspiration schwieriger, weil der Ruß die Zwischenräume zwischen den Amiantfasern ausfüllte, weshalb dieser nur locker eingebracht werden darf.

Die den abgesetzten Ruß enthaltende Röhre wurde in einen Ofen gelegt, rothglühend gemacht und ein Strom Sauerstoff hindurchgeleitet. Die entstehende Kohlensäure

wurde vor dem Wiegen in einer Röhre mit Chlorcalcium getrocknet; man erhielt:

0,070 Gramm Kohlensäure, entsprechend
0,019 „ Kohlenstoff

und diese rühren von 86 Litern Verbrennungsgasen her.

Nun berechnet sich das Volumen der Verbrennungsgase bei 0° und 0,76 Meter Barom. pro Kilogr. Steinkohle auf 15200 Liter, folglich sind hierin 3,61 Gramme Ruß enthalten und der Verlust durch diesen Ruß beträgt nur 0,485 Proc. des in der Kohle enthaltenen Kohlenstoffes.

Zweiter Versuch. — Dauer der Auffangung 1 Stunde, angesogenes Gasquantum (bei 0° und 0,76 Meter Barom.) 57 Liter. Feuer gedämpft. Zug sehr schwach.

Ungefähre Zusammensetzung der Verbrennungsproducte:

Kohlensäure	14,8
Ueberschüssige Luft	6,7
Rest	78,5
	100,0

was 8300 Litern Luft (bei 0° und 0,76 Meter Barom.) pro Kilogramm Steinkohle entspricht.

Erhaltene Kohlensäure	0,205 Gramm.
Entsprechende Menge Kohlenstoff	0,055 „

Demnach berechnet sich für 8204 Liter Gase, welche der Verbrennung von 1 Kilogr. Steinkohle entsprechen, ein Gehalt von

8,00 Gramm an Ruß,

was nur 1,27 Procent des Kohlenstoffgehaltes der Steinkohle ausmacht.

Bei diesen beiden Versuchen waren extreme Verhältnisse hergestellt worden. Bei dem zweiten war die Verbrennung eine so unvollkommene, wie sie in der Praxis nie vorkommen wird; man war bemüht, durch Schließen des Registers und Aufgeben der Kohle in sehr starken Portionen möglichst viel Ruß zu erzeugen — aber trotzdem sind die gefundenen Quantitäten so gering, daß ich die weitere Ausdehnung dieser Versuche nicht für nöthig fand.

Die angestellten Versuche zeigen, daß der durch schwarzen Rauch herbeigeführte Verlust 1 Procent nicht überschreitet und im Mittel zwischen 1/2 und 3/4 Proc. schwanken dürfte.

Discussion der analytischen Resultate.

Bevor aus den analytischen Ergebnissen Folgerungen gezogen werden, wird es gut sein, sich zu vergegenwärtigen, welcher Art etwa die bei den Analysen begangenen Fehler sein dürften.

Die Bestimmung der Kohlensäure kann nicht fehlerhaft sein, sie ist überdies bei jedem Versuche auf zweierlei verschiedene Wege vorgenommen worden.

Bezüglich des Sauerstoff- und Kohlenoxyd-Gehaltes führt die dazu angewendete, von Bunsen angegebene und mit aller möglichen Vorsicht gehandhabte Methode ebenfalls zu richtigen Resultaten.

Was den Wasserstoff- und Kohlenstoffgehalt anlangt, so treten diese beiden Elemente in den untersuchten Gasen in so geringen Mengen auf, daß ein bei der Analyse begangener Fehler allerdings nicht unbeträchtliche Fehler verursachen kann.

Um die mögliche Größe dieser Fehler kennen zu lernen, habe ich hintereinander mehrere Male mit gewöhnlicher Luft gearbeitet, welche ich den Apparat durchströmen ließ, um die Gewichtszunahme zu constatiren. Hierbei haben sich trotz gleicher Vorsicht nicht immer gleiche Resultate herausgestellt, indem bisweilen die Röhren keine Gewichtszunahme erfuhren, bisweilen aber auch eine Vermehrung um mehr als 1 Milligramm, besonders in der Wasserröhre, zeigten. Es deutet dies darauf hin, daß die gefundenen Ziffern für Wasserstoff, und in geringerem Grade für Kohlenstoff etwas zu hoch sind. Ich habe indessen diese Correction an meinen Versuchen nicht anbringen wollen, um sie unverändert wiederzugeben, werde aber in dieser Beziehung noch weitere Untersuchungen anstellen und deren Ergebnisse veröffentlichen.

Eine besonders auffallende Thatsache meiner Versuche ist die große Menge unverbrannt entweichenden Wasserstoffes und das Auftreten dieses Gases in allen Gasgemengen, welche untersucht worden sind. Denjenigen, welche dieses Resultat anzweifeln sollten, kann ich die Analysen von Ebelmen und Debette (bei Combes) entgegenhalten, welche z. Th. noch beträchtlichere Wasserstoffmengen nachweisen, wie es allerdings bei wasserstoffreicheren Verbrennungsproducten nicht anders zu erwarten ist.

Von zwei Analysen Ebelmen's zeigt die eine 3,04 Proc. Wasserstoff und 7,52 Proc. Kohlenoxydgas, die andere 0,86 Proc. Wasserstoff und 4,25 Proc. Kohlenoxydgas.

Von den Debette'schen Analysen sind folgende die charakteristischsten:

	2	6	7
Kohlensäure	12,97	8,61	7,73
Kohlenoxyd	0,75	0,47	0,01
Sauerstoff	6,30	13,80	14,27
Wasserstoff	0,58	1,14	1,63
Stickstoff	79,40	75,98	76,36.

Der Wasserstoff steigt also hier bis 1,63 Procent, während das Gas gleichzeitig fast frei von Kohlenoxydgas ist.

Die Uebereinstimmung meiner Resultate mit denen von Ebelmen und Debette ist indessen noch kein Beweis dafür, daß Wasserstoffgas wirklich in so beträchtlichen Mengen vorhanden ist, denn es würden dieselben Fehler, welche meine Analysen unrichtig gemacht haben können,

auch bei den Versuchen der anderen Herren ihren Einfluß ausgeübt haben.

Was den Stickstoffgehalt betrifft, so ist er aus den früher angegebenen Gründen jedenfalls irrig bestimmt; der Kohlenstoff, welcher in den brennbaren Gasen auftritt, ist nämlich blos als Kohlenoxydgas in Rechnung gestellt, während er sich, wie ich dargethan habe, außerdem noch im Zustande der Verbindung mit Wasserstoff darin befindet. Aus demselben Grunde ist auch der Wasserstoffgehalt zu hoch angegeben und Beides zusammen vermindert den Stickstoffgehalt. Endlich ist die von Ebelmen und Debette angewendete Methode der Bestimmung des Sauerstoffes eine irrige und das Resultat wird zu niedrig.

Bei der nachfolgenden Discussion benutze ich aber meine Ergebnisse, so wie ich sie gefunden habe, da ich eine Berichtigung derselben nicht vorzunehmen wüßte.

Die folgenden Tabellen enthalten das Resumé der Ergebnisse der 14 Versuche, geordnet nach dem Ueberschuß von Luft. Sie sind übrigens in drei Reihen getheilt, weil bei der Analyse nicht durchgängig dieselbe Methode benutzt wurde. Die dritte Reihe enthält diejenigen Versuche, bei denen die eingeworfenen Kohlenmengen separat gewogen und in bestimmten Zwischenräumen eingebracht worden sind, bei denen also in der möglichst vollkommenen Weise vorgegangen worden ist.

1. Versuchsreihe, bei welcher blos der Gehalt an Kohlenoxydgas bestimmt worden ist.

Versuchs-Nr.	Ueberschüssiges Luftquantum.	Procentale Zusammensetzung der Gase.				Kohlenoxydgehalt.		Bemerkungen.
		Stickstoff.	Kohlens.	Kohlenoxyd.	Sauerst.	pro Kil. Kohle.	in Procenten.	
	Cub.-Meter.					Gramme.		
3	13,42	82,21	14,03	0,94	2,82	43,3	6,19	ungefähr 0,45 Kil. Kohle pro Stunde und Qu.-Decimeter Rostfläche.
1	23,04	81,25	13,08	0,83	4,84	41,5	5,85	
2	54,37	80,44	7,73	0,41	11,42	34,8	4,97	

2. Versuchsreihe, wo der ganze Kohlenstoff- und der Wasserstoffgehalt bestimmt worden sind.

Versuchs-Nr.	Ueberschüssige Luft in Proc.	Procentale Zusammensetzung der Gase.					pro Kilogramm Steinkohle.				Bemerkungen.
							Kohlenstoff.		Wasserstoff.		
		Stickstoff.	Kohlensäure.	Kohlenstoffgas.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Gramme.	Proc.	Gramme.	Proc.	
6	25,09	79,92	13,46	0,52	1,08	5,27	53,6	7,65	8,72	21,7	schwach bedeckter Rost.
4	26,82	78,75	13,80	0,86	1,06	5,53	87,0	12,40	8,36	20,7	stark „ „
5	51,42	79,88	8,62	0,14	0,53	10,83	22,5	3,21	7,1	17,7	0,45 Kil. Kohle pro Stunde und Qu.-Decimet. Rostfläche.

3. Versuchsreihe, wo die Gase vollständig analysirt und

Versuchs-Nr.	Ueberschüssige Luftmenge in Proc.	Procentale Zusammensetzung der Gase.						Gehal	
					Brennbare Gase.			als Oxyd	
		Stickstoff.	Kohlensäure.	Sauerstoff.	Kohlenoxydgas.	Kohlenstoffgas.	Wasserstoffgas.	Gramme.	Proc.
12	6,66	80,38	14,87	1,41	0,84	1,15	1,35	36,3	5,1
11	10,47	80,60	14,16	2,18	0,97	0,98	1,11	42,4	6,05
9	13,32	80,66	14,63	2,80	0,86	0,49	0,56	38,6	5,5
13	17,61	81,52	13,34	3,77	?	0,46	0,91	?	?
14	20,94	80,23	13,43	4,42	0,24	0,32	1,41	12,4	1,7
8	26,18	80,34	12,89	5,53	?	0,28	0,96	?	?
10	42,84	79,76	10,87	8,99	?	0,19	0,19	?	?
7	53,78	79,86	8,23	11,35	?	0,04	0,52	?	?

Man muß sich hüten, aus diesen Versuchen zu allgemeine Folgerungen ziehen zu wollen, da sie sich zunächst nur auf die dabei angewendete und im Elsaß für derartige Kohlen zweckmäßig befundene Art von Rost beziehen können.

Geht man die vorstehenden Tabellen durch, so sieht man, daß die Gegenwart des Kohlenoxydgases in den Verbrennungsgasen, selbst bei einem Luftüberschuß von 50% der gasförmigen Producte, nicht vollständig zu vermeiden gewesen ist, und dasselbe gilt vom Kohlenstoffdampfe und den Kohlenwasserstoffverbindungen.

Andrerseits nimmt die Menge der brennbaren Gase sehr regelmäßig und proportional mit dem abnehmenden Luftüberschuß zu. Bei der ersten Versuchsreihe steigt der Kohlenstoffgehalt im Kohlenoxydgase von 4,97 bis 6,19 Proc. des ganzen Kohlenstoffes, während der Luftüberschuß von 54,37 auf 13,42 Proc. der Verbrennungsgase fällt. Bei der zweiten Reihe steigt der Kohlenstoffgehalt in den brennbaren Gasen von 3,21 bis 7,6 Proc. des verbrannten Kohlenstoffes, während der Luftüberschuß von 51,42 auf 25,09 Procent abnimmt. Endlich bei der dritten Versuchsreihe findet ein Steigen des Kohlenstoffgehaltes in den brennbaren Gasen von 0,9 auf 18,8 Procent statt, wenn der Luftüberschuß von 53,78 bis 6,66 Procent fällt.

Was den Wasserstoffgehalt anlangt, so bemerkt man nicht ohne Verwunderung, daß der bezügliche Verlust bei der Mehrzahl der Versuche gleich groß ist. Außer bei zwei Versuchen, Nr. 9 und 10, wo er auf 6,3 und 10,5 Procent des ganzen Wasserstoffgehaltes der Steinkohle fällt, hält er sich auf der Höhe von ungefähr 20 Procent. Der niedrige Gehalt an Wasserstoff bei den Gasen des 10. Versuches wird weiter unten erklärt werden.

Kurz, man sieht aus diesen analytischen Untersuchungen, daß bei einer Luftzuführung von 8 bis 9 Cubikmetern die brennbaren Gase zwischen 6 und 18 Proc. des ganzen in der Steinkohle enthaltenen Kohlenstoffes, bei 10 bis 12 Cubikmeter Luftzuführung aber nur 4 bis 7 Procent dieses Kohlenstoffes enthalten, und daß sich bei noch mehr als 12 Cubikmeter Luftzufluß die Verluste durch die brennbaren Gase noch weiter, auf 0,9 bis 4 Procent, vermindern. Die Ziffer 0,9 dürfte als extremste Grenze anzusehen sein, da sie nur bei einem außerordentlich geringen Kohlenverbrauche pro Stunde und Qu.-Decimeter Rostfläche erzielt worden ist.

Nach Burnat wendet man in der Regel über 10 Cubikmeter Luft pro Kilogramm Steinkohle an, so daß man also den Verlust an Kohlenstoff in den brennbaren Gasen auf 5 Procent im Maximum schätzen kann. Den Wasserstoffverlust in Folge der unverbrannt entweichenden Gase kann man zu 15 bis 20 Procent des in der Steinkohle enthaltenen Wasserstoffes ansetzen. Bei stärkerer Luftzuführung kann der Kohlenstoffverlust auf die Hälfte reducirt werden.

Diese Folgerungen sind aber nur für den Fall anwendbar, wo das Aufgeben der Kohlen regelmäßig und in derjenigen Weise erfolgt, welche durch die angestellten Versuche als die zweckmäßigste erkannt worden ist.

Uebrigens sind auch einige der vorstehend aufgeführten Analysen mit Gasen von solchen Feuerungen angestellt worden, bei denen die Kohle unregelmäßig aufgegeben wurde. Die Analysen 9 und 11 entsprechen einem Ver-

...kohlen in abgewogenen Mengen aufgegeben worden sind.

...amm Steinkohle.				Verbrauchte Kohlenmenge in Kilogr. pro Stunde und Qu.-Decim. Rostfläche.	Höchste Temperatur der Gase beim Austritte.	Auf einmal aufgegebenes Kohlenquantum in Kilogr.	Pausen zwischen dem Aufgeben in Minuten.
...on. im Ganzen.		Wasserstoff.					
Gramme.	Proc.	Gramme.	Procent.				
133,6	18,8	9,5	23,7	0,400	119°	7	5
130,1	18,55	7,4	18,5	0,470	128	14	8
83,5	11,9	4,2	10,5(?)	0,470	126	7	4
48,1	6,8	7,8	19,5	0,400	135	7	5
44,5	6,3	9,6	24,5	0,400	?	14	10
32,5	4,64	8,9	22,3	0,230	93,2	7	8
26,7	3,10	2,2	6,3	0,625	156	7	2
6,75	0,9	7,2	18,1	0,166	94	6	10

suche, bei welchem das Aufgeben in Mengen von 7 Kilogrammen mit demjenigen in Mengen von 14 Kilogrammen bei doppelt so langen Pausen verglichen werden sollte. Bei 7 Kilogrammen Ladung betrug der Kohlenstoffverlust 11,9, bei 14 Kilogr. Ladung 18,5 Procent. Der Wasserstoffgehalt ist auch vermindert worden; ich kann indessen der Probe auf letzteres Element bei dem 9. Versuche nicht vollkommenen Glauben schenken, denn die erhaltene Ziffer differirt wesentlich von andern Ergebnissen. Wie dem nun auch sein möge, so darf man doch, da die Luftmenge bei beiden Versuchen ungefähr die nämliche war, folgern, daß der Mehrverlust an Kohlenstoff, welcher 6 Procent von dem Kohlenstoffgehalte der Steinkohle beträgt, von den angewendeten stärkeren Ladungen herrührt. Ein anderer, in derselben Richtung angestellter vergleichender Versuch (Nr. 13 u. 14) hat nicht so starke Differenzen beim Kohlenstoffverluste, aber 5 Procent Mehrverlust an Wasserstoff ergeben.

Es ist übrigens einleuchtend, daß die Art des Aufgebens einen hauptsächlichen Einfluß auf die Entwickelung von Kohlenwasserstoffverbindungen haben muß, denn je beträchtlicher die einzelnen Chargen sind, um so reichlicher ist die Destillation der Kohlen, und da die Menge des Kohlenoxydes dieselbe bleibt, so wächst die Menge des Kohlenstoffes in den Hydrocarbureten.

Man nimmt ferner wahr, daß bei kleinen Chargen von höchstens 7 Kilogrammen die Menge der pro Stunde und Quadratdecimeter Rostfläche aufzugebenden Steinkohle unbedenklich um 0,5 bis 1 Kilogramm erhöht werden kann, wenn gleichzeitig die nöthige Luftmenge zugelassen wird. Diese Behauptung bezieht sich allerdings nur auf den Verlust durch Entweichen brennbarer Gase; denn außerdem ist noch die Vermehrung der Temperatur der Gase beim Austritte aus dem Ofen in's Auge zu fassen. Ja, es giebt sogar eine lebhafte Verbrennung auf dem Roste, bei einem Verbrauche von beispielsweise 1 Kilogramm pro Stunde und Quadratdecimeter Rostfläche, sehr wenig brennbare Gase; die Analyse Nr. 10 zeigt z. B., daß der Kohlenstoffverlust in diesem Falle auf 3 Procent, der Wasserstoffverlust auf 6 Procent herabgegangen ist, und diese Verminderung der unverbrannt entweichenden Gase ist leicht zu erklären.

Denn bei einer so lebhaften Verbrennung unter starkem Luftzutritte (42,8 Proc. Ueberfluß) nehmen die Wände der Canäle und das ganze innere Mauerwerk des Kesselofens eine so hohe Temperatur an (bei dem bezeichneten Versuche wurde die Gasauffangungsröhre rothglühend), daß die Verbrennung der brennbaren Gase noch unausgesetzt auf einem Theile des Weges dieser Gase stattfinden kann.

In der zweiten Versuchsreihe finden sich auch zwei Versuche, Nr. 6 und 4, zur Ermittelung des Einflusses, welchen die Stärke der Kohlenschicht auf dem Roste auf die Zusammensetzung der Verbrennungsproducte äußern kann. Sie beweisen, daß der Gehalt an Wasserstoffgas zwar nicht wesentlich variirt, der Kohlenstoffverlust aber von 7,65 Procent bei dünner Bedeckung des Rostes auf 12,4 Procent steigt, wenn die Kohlenschicht eine dicke Lage bildet. In beiden Fällen war die eingesogene Luftmenge ziemlich gleich groß, nämlich 9,9 und 9,6 Cubikmeter pro Kilogramm Steinkohle.

Das Hauptergebniß der Versuche besteht also darin,

daß sich in den abziehenden Verbrennungsproducten die geringste Menge von brennbaren Gasen vorfindet, wenn

1. das hinreichende Luftquantum (über 10 Cubikmeter pro Kilogramm Steinkohle) zugeführt wird, indem der ziemlich bedeutende Kohlenstoffverlust, welcher bei ungenügender Luftzuführung (z. B. 8 Cubikmeter) stattfindet, durch Zuführung von 15 Cubikmetern Luft bis auf 3 Procent herabgebracht werden kann,

2. wenn die Steinkohlen in kleinen Portionen, aber auch in kurzen Pausen aufgegeben werden, indem schon durch Verdoppelung der auf einmal aufgegebenen Kohlenmenge eine Vergrößerung des Verlustes um 6 Procent des ganzen, in der Steinkohle enthaltenen Kohlenstoffes herbeigeführt werden konnte, selbst wenn dabei die eingeworfene Kohlenmenge noch nicht so groß war, als sie von ungeschickten Heizern mitunter auf einmal in den Ofen geworfen wird,

3. wenn die Kohlendecke auf dem Roste nicht zu stark gehalten wird, indem dadurch die Bildung von Kohlenorydgas großentheils vermieden und eine Verminderung des Kohlenstoffverlustes um 5 Procent erzielt wird. Da sich das Kohlenorydgas lediglich durch Zersetzung der gebildeten Kohlensäure an den rothglühenden Kohlen zu entwickeln scheint, so muß durch Verminderung der Kohlenschicht, durch welche die Berührungsfläche der Kohlen eine kleinere wird, der Entstehung von Kohlenorydgas entgegengearbeitet werden, auch wird ein öfteres Abschlacken des Rostes von Vortheil sein.

Vorstehende Ergebnisse enthalten nichts Neues, sondern bestätigen nur, was die Versuche der industriellen Gesellschaft und diejenigen des Herrn Marozeau bereits gelehrt hatten. Ich komme übrigens im dritten Theile dieser Abhandlung auf die praktischen Ergebnisse dieser Versuche und ihre Vergleichung mit den Ergebnissen von Versuchen über den Heizwerth der Steinkohlen bei Dampfkesselfeuerungen zurück.

Es sei nur erlaubt, hier noch zu bemerken, daß ich nicht mit den Ansichten der Autoren, welche bis jetzt über die Zusammensetzung der Verbrennungsgase in Dampfkesselfeuerungen geschrieben haben, übereinstimmen kann, wenn sie aus ihren Versuchen folgern, daß die Verluste an brennbaren Gasen unbeträchtlich seien. Hierzu ist man gewiß nicht berechtigt, da diese Verluste bei ziemlich reichlicher Luftzuführung je nach der besseren oder schlechteren Führung des Feuers 2 bis 6 Procent und bei Zuführung einer dem theoretisch erforderlichen Luftquantum sich nähernden Luftmenge bis 10 Procent betragen können.

Zu dem Verluste durch entweichende brennbare Gase ist nun noch derjenige durch Bildung schwarzen Rauches hinzuzuschlagen, welcher nach den oben mitgetheilten Versuchen etwa zu 1/2 Procent des Kohlenstoffes zu schätzen ist, sodaß der ganze Verlust an Kohlenstoff bei gut geführter Feuerung etwa 4 Procent beträgt. Diese Zahl bedarf indessen noch einer Correction, ehe sie den Verlust an wirklichem Heizeffecte richtig darstellt. Denn da ein Theil des Kohlenstoffes sich in den brennbaren Gasen im Zustande des Orydes, ein anderer in Verbindungen mit Wasserstoff befindet, so ist der Verlust an Heizwerth geringer, als obige Ziffer; diese Rechnung ist aber erst im zweiten Theile meiner Abhandlung vorzunehmen möglich, da sie die Kenntniß des absoluten Heizwerthes der Steinkohle voraussetzt.

In nachstehender Tabelle habe ich alle angestellten Versuche in Bezug auf die totale, durch den Rost angesogene Luftmenge zusammengestellt. Ich muß dabei nochmals hervorheben, wie schwierig derartige Versuche sind; es darf der Rost nur kurze Zeit nicht gut bedeckt gewesen sein, oder sich in der Brennmateriallage ein Spalt oder eine Oeffnung gebildet haben, so wird bei den Gasen ein Ueberschuß von Luft zu bemerken sein, und so sehr ich auch derartige Fehler zu vermeiden gesucht habe, so dürften doch die in den Versuchsergebnissen sich etwa findenden Anomalien großentheils hierdurch zu erklären sein.

Tabelle 4.

Cubikmeter Luft pro Kilogr. Steinkohle.	Kohlenstoffgehalt der brennbaren Gase in Procenten des Kohlenstoffes.	Wasserstoffgehalt der brennbaren Gase in Procenten des Wasserstoffes.	Cubikmeter Luft pro Kilogr. Steinkohle.	Kohlenstoffgehalt der brennbaren Gase in Procenten des Kohlenstoffes.	Wasserstoffgehalt der brennbaren Gase in Procenten des Wasserstoffes.
8,393	18,5	18,5	9,919	6,80	24,5
8,389	18,8	23,7	11,072	4,64	22,3
8,550	11,9	10,5 (?)	13,195	3,10	6,3 (A)
8,728	6,19	?	15,313	3,21	17,7
9,525	5,85	?	16,182	4,97	?
9,920	6,80	19,5	16,086	0,9	18,1

Vergleicht man die beiden Versuche mit 16 Cubikmetern Luftzuströmung, bei denen der Kohlenverbrauch für den einen 0,166, für den andern 0,450 Kilogramm pro Stunde und Quadrat-Decimeter Rostfläche betrug, so sieht man, daß bei der Eintragung sehr kleiner Kohlenmengen der Kohlenstoffverlust beinahe Null wird. Der Verlust an Wasserstoffgas, welcher im Momente des Aufgebens neuer Kohlen eintritt, bleibt, fällt aber im Gegentheile geringer aus, wenn das Feuer, wie bei dem mit (A) bezeichneten Versuche, so lebhaft ist, daß nur eine langsame Abkühlung der gasförmigen Verbrennungsproducte eintritt.

Tabelle 5. Versuche mit 0,4 u. 0,5 Kilogr. Steinkohlenverbrauch pro Stunde u. Qu.-Decim. Rostfläche.

Luftquantum pro Kilogr. Steinkohle in Litern.	Ganzer Kohlenstoffgehalt der brennbaren Gase.	Kohlenoxydgas.	Wasserstoffgas.
8393	18,5	6,05	18,5
8389	18,8	5,10	23,7
8550	11,9	5,50	10,5 (?)
8728	6,19	—	—
9525	5,85	—	—
9920	6,80	—	19,5
9919	6,30	1,70	24,5
15313	3,21	—	17,7
16182	4,97	—	—

Tabelle 6. Sauerstoffmengen, welche in 100 Th. der gasförmigen Verbrennungsproducte enthalten sind, und deren Vergleichung mit dem Sauerstoffe der Luft.

Nr. der Analysen.	12	11	9	13	14	8	10	7
Sauerstoff der Kohlensäure . .	14,87	14,16	14,63	13,34	13,43	12,89	10,87	8,23
Sauerstoff, welcher vom Wasserstoffe aufgenommen wird . .	2,00	1,80	1,60	1,50	1,50	1,20	1,10	1,00
Sauerstoff im Kohlenoxydgas . .	0,42	0,49	0,43	0,40	0,12	0,20	0,20	0,20
Freier Sauerstoff	1,41	2,18	2,80	3,77	4,42	5,53	8,89	11,35
Summe	18,70	18,63	19,46	19,01	19,47	19,82	21,06	20,78
Sauerstoff der atmosph. Luft . .	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97
Differenz	—2,27	—2,34	—1,51	—1,96	—1,50	—1,15	+0,09	—0,19

Versuche über eine praktische Methode zur Gasanalyse.

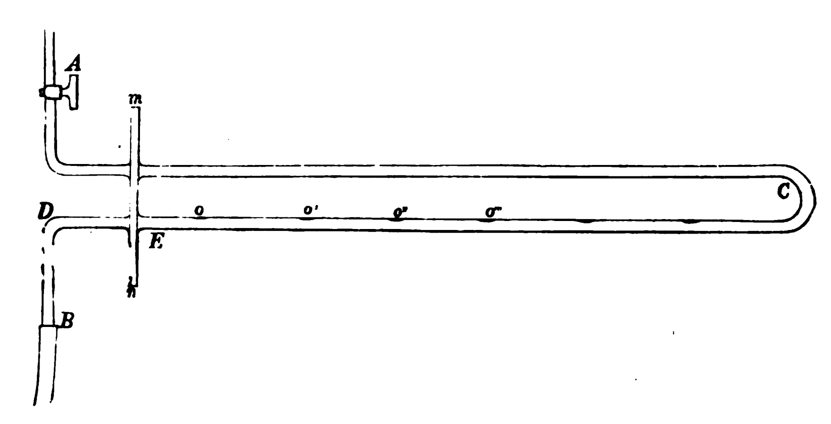
Wenn man die Menge der brennbaren Gase in den Verbrennungsproducten der Steinkohle bestimmen will, so müssen letztere Gase über Quecksilber (oder nach Ebelmen über Oel) aufgefangen werden. Wasser ist ganz zu vermeiden, weil die Stärke der Diffusion für die einzelnen Bestandtheile dieses Gasgemenges nicht eine gleich große ist. Nach Bunsen werden bei 15° Temperatur

vom Stickstoffgas	0,01478
„ kohlensauren Gas	1,00200
„ Kohlenoxydgas	0,02432
„ Sauerstoffgas	0,02989
„ Wasserstoffgas	0,01930

durch das Wasser absorbirt und es ist daher zu befürchten, daß aus einem diese Gasarten enthaltenden Gasgemenge durch die Berührung mit einer großen Menge Wasser die nur in kleinen Mengen darin auftretenden brennbaren Gase sehr rasch verschwinden würden, während der Kohlensäuregehalt sehr beträchtlich vermindert werden würde.

Wenn man aber nur die Menge Luft, welche durch den Rost gegangen ist, in Cubikmetern messen will, so kann man sich der Auffangung über Wasser bedienen, indem man die Kohlensäure vernachlässigt.

Wir verdanken Herrn Sainte Claire-Deville einen kleinen Apparat, dessen er sich bei Untersuchung der verschiedenen concentrischen Lagen der Flamme bedient und dessen Anwendung er den Chemikern auch für die Untersuchung der gasförmigen Producte der Feuerungen anempfohlen hat. Meine Untersuchungen über die Anwendung des Wassers sind in dieser Weise angestellt worden und sie ist insofern sehr vorzüglich, als sie die Auffangung lange Zeit hintereinander gestattet, was zur Erzielung eines Durchschnittswerthes unerläßlich ist.



Mein Apparat besteht, wie vorstehender Holzschnitt zeigt, aus einer 6 bis 8 Millim. weiten, U förmig gebogenen kupfernen Röhre, deren Länge CD ungefähr die ganze Breite des Rauchcanales einnimmt. Der Theil EC, welcher kleine Oeffnungen o, o', o'' besitzt, taucht in die nach dem Vorwärmer abziehenden Gase ein; die Oeffnungen sind enge Sägenschnitte und dienen zum Auffaugen der Gase. mn ist eine Kupferscheibe, mittelst welcher die Röhre am Kesselgemäuer befestigt wird.

Um den Apparat in Gang zu setzen, öffnet man den Hahn A, und läßt Wasser zutreten, welches durch die gebogene Röhre ACB hindurch und mit Hilfe einer Kautschukröhre in ein mit Wasser gefülltes Gasometer von ca. 50 Litern Inhalt abfließt. Anfangs spritzt etwas Wasser durch die Sägenschnitte o, o' aus, doch bald verrichtet das Rohr CDB die Dienste eines Hebers und wenn der Hahn A richtig gestellt ist, so wird durch diese Spalten Gas eingesogen, welches sich im Gasometer ansammelt. Die Aspiration kann $^1/_2$ Stunde hintereinander fortgehen, ohne daß man nachzusehen nöthig hat, und man erhält auf diese Weise ein Gasgemenge, dessen Analyse auf die Zusammensetzung der gasförmigen Verbrennungsproducte Schlüsse zu ziehen erlaubt.

Die Rechnungsresultate sind zwar nicht ganz genau, hat man aber durch Vorversuche festgestellt, welche Veränderungen in der Zusammensetzung der Gase durch die Berührung mit dem Wasser herbeigeführt werden, so kann man nachher das durch den Rost angesogene Luftquantum annähernd angeben.

Man beschränkt sich dann blos auf die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes und diese Bestimmung mittelst des Stickstoffoxydgases kann in wenigen Minuten gemacht werden, sodaß die Ermittelung der durch den Rost gegangenen Luftmenge ohne Schwierigkeit an einem Tage mehrfach wiederholt werden kann.

Trotz der großen Menge Wasser, welche zum Ansaugen des Gases gebraucht wird und trotz des sehr starken Absorptionscoefficienten der Kohlensäure verschwindet dieses Gas doch nicht gänzlich.

Folgende Analysen sind in der Quecksilberwanne mit Gasen, welche über Wasser aufgefangen waren, angestellt worden.

Versuchs-Nr.		Beob. Vol.	Spannung.	Temper.	Red. Vol.
1.	Anfängl. feuchtes Volumen	134,4	680,6	21,6°	85,02
	nach dem Kalihydrate	124,3	677,5	19,3	78,94
	nach Entfernung der Kohlensäure	81	650,6	19,7	49,40
	nach dem pyrogallusf. Kali	78	648,3	22,9	46 93
2.	Anfängliches Volumen	161,3	324,9	18,7	49,28
	nach dem Kalihydrate	151,7	327,5	18,4	46,68
	„ „ pyrogallusf. Kali	145,3	322,4	24,1	43,17
3.	Anfängliches Volumen	167,2	323,2	15,4	51,29
	nach dem Kalihydrate	160,5	329,7	16,2	49,58
	„ „ pyrogallusf. Kali	146,9	319,4	17,7	44,19
4.	Anfängliches Volumen	126,3	672,1	16,7	80,26
	nach dem Kalihydrate	120,9	671,3	20,5	75,74
	„ „ pyrogallusf. Kali	110,9	670,1	18,3	65,85
5.	Anfängliches Volumen	163,9	697,4	19,0	107,2
	nach dem Kalihydrate	152,9	709,9	15,2	103,15
	„ „ pyrogallusf. Kali	137,3	699,2	18	90,37

Tabelle 7. Zusammenstellung dieser Versuche.

Versuchsnummer	1.	2	3	4	5.
Stickstoff	87,18	87,60	86,60	85,78	84,31
Kohlensäure	7,16	5,27	3,33	5,63	3,77
Sauerstoff	4,66	7,16	9,86	8,58	11,92
Summe	99,00	100,03	99,79	99,99	100,00.

Von der Gasprobe Nr. 3 wurde eine vollständige Analyse vorgenommen, welche zeigte, daß die brennbaren Gase vollständig verschwunden waren; es hat sich auch bei der Explosion mit dem Gase der Säule keine Kohlensäure gebildet. Die kleine Differenz von 1 Tausendtheil, welche man zwischen dem Volumen des Gases vor und nach dem Ueberspringen des Funkens bemerkt, ist blos auf Beobachtungsfehler zu schieben. Die Specialitäten dieser Analyse enthält folgende Tabelle:

	Beob. Vol.	Spannung.	Temperatur.	Reduc. Vol.
Anfängliches feuchtes Volumen	167,6	323,2	15,4	51,29
nach dem Kalihydrate	160,9	329,7	16,2	49,58
nach Zutritt des Gases der Säule	209,3	359,1	19,2	70,20
nach der Explosion	165,8	315,5	18,1	49,87
nach dem Kalihydrate	161,3	327,0	17,8	49,53
„ „ pyrogallusf. Kali	147,3	319,4	17,7	44,19.

Anfängliches feuchtes Volumen	51,29
Zusammenziehung	0,00
Gebildete Kohlensäure	0,05.

Vernachlässigt man bei den vorstehenden 5 Analysen den Kohlensäuregehalt, so geben sie folgende Resultate:

	1	2	3	4	5
Stickstoff	94,98	92,49	89,1	90,99	87,52
Sauerstoff	5,02	7,51	10,9	9,01	12,48
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00.

Der Stickstoffgehalt nimmt also ab, wenn die Menge des Sauerstoffes zunimmt, d. h. in dem Maaße, wie der Kohlensäuregehalt sinkt. Es ist dies die natürliche Folge des starken Absorptionscoefficienten der Kohlensäure. Je reicher das Gasgemenge an Kohlensäure ist, um so mehr verliert es an Volumen bei der Berührung mit Wasser.

Von der Voraussetzung, daß Stickstoff und Sauerstoff unverändert bleiben, ausgehend, kann man die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft bei der zu führenden Rechnung zu Grunde legen. Letztere besteht in runden Zahlen aus

Stickstoff	79 %
Sauerstoff	21
	100

und wenn daher die Analyse x Sauerstoff und y Stickstoff gegeben hat, so ist Sauerstoffmenge mittelst der Proportion

$$y : x = 79 : O$$

zu berichtigen, wo O die gesuchten Procente Sauerstoff in den Gasen sind.

Es ist hier 79 statt 80 Proc. Stickstoff angesetzt, weil die Menge der brennbaren Gase im Mittel auf 1 Procent des Volumens abzuschätzen ist.

Die obigen fünf Analysen führen dann auf Folgendes:

	1	2	3	4	5
Stickstoff	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0
Brennbare Gase	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sauerstoff	4,1	7,3	9,6	7,8	11,2
Kohlensäure (Rest)	15,9	12,7	10,4	12,2	8,8

Nach den ersten Analysen ist an diesen Ziffern noch eine Correction anzubringen, und zwar bezüglich des Sauerstoffes, welcher bei der Verbrennung des Wasserstoffes der Kohle verschwindet. Aus der Tabelle Nr. 6 ersehen wir, daß das auf diese Weise verschwindende Gasquantum ungefähr 13 Proc. des Kohlensäuregehaltes der brennbaren Gase beträgt und dem Sauerstoffgehalte umgekehrt proportional ist. Man gelangt aber zu demselben Resultate, wenn man die Ziffer des Stickstoffes von 79 auf 81 erhöht, und die unter Wasser aufgefangene Sauerstoffmenge x entsprechend dem Stickstoffgehalte y mittelst der Formel $O = \frac{79\,x}{y}$ corrigirt. Dann geben die vorstehenden Analysen:

	1	2	3	4	5
Stickstoff	81	81	81	81	81
Brennbare Gase	1	1	1	1	1
Sauerstoff	4,1	7,3	9,6	7,8	11,2
Kohlensäure (Rest)	13,9	10,7	8,4	10,2	6,8.

Ich habe diese Methode dadurch geprüft, daß ich gleichzeitig die Gase unter Wasser und unter Quecksilber auffing. Hierzu wurden die beiden Aspirationsröhren in zwei ausgesparte Wandöffnungen des Kesselofens eingesteckt und die Gase in zwei abwechselnd arbeitende Aspiratoren von 50 Liter Gehalt gesogen. In dem Maaße, wie sich eins der Gasometer füllte, nahm man von seinem Inhalte eine kleine Menge Gas (beispielsweise 20 Cubikcentimeter) weg, füllte es mit Wasser an und fing wieder von vorn an. Diese kleinen Proben stellten zusammen das Mittel des von der Wasserröhre aspirirten Gases vor und dienten zur Analyse. Während dieser Zeit füllte sich auch das Quecksilbergasometer mittelst der Auffangröhre. Beide erhaltene Gasvolumina wurden hierauf analysirt, doch beschränke ich mich auf die Angabe der gefundenen Sauerstoffmengen und das Resultat der Rechnung nach dem Sauerstoffe des über Wasser aufgefangenen Gases.

	1	2	3
Gas unter Wasser aufgefangen			
Sauerstoff in 100 Th.	5,9	13,0	3,6
„ corrigirt	4,97	11,8	2,95
Gas unter Quecksilber aufgefangen			
Sauerstoff in 100 Th.	4,84	11,42	1,82
Differenz	0,13	0,38	0,13.

Hiernach ergiebt sich folgende Zusammensetzung:

Stickstoff und brennbare Gase	82,0	82,0	82,0
Sauerstoff	4,97	11,8	2,95
Kohlensäure	13,03	6,2	14,63

und wenn man diese Ziffern mit denjenigen vergleicht, welche die Zusammensetzung der Gase mit gleichem Sauerstoffgehalte in Tabelle 3 darstellen, so sieht man, daß sie sich der Letzteren in einer Weise nähern, daß man die angewendete Methode des Probirens und der Berechnung für brauchbar erklären kann.

Um endlich die zur Verbrennung angewendete Luftmenge zu finden, muß man die Ziffer 1303150 (welche sich auf die Ronchamper Kohle mit 70 Proc. Kohlenstoffgehalt bezieht) durch den Gehalt an Kohlensäure dividiren, wobei man erhält:

10024 Liter, 21019 Liter, 8925 Liter.

Was die Methode der Analyse mit Stickstoffoxydgas anlangt, so besteht sie in Folgendem:

Mittelst eines kleinen mit Kupferdrehspänen gefüllten Ballons, in welchen man etwas Salpetersäure gießt, erzeugt man Stickstoffoxydgas, welches man in einer graduirten Röhre auffängt.

In ein anderes Eudiometer füllt man ein bestimmtes Maaß des zu analysirenden Gases ab, nachdem dasselbe vorher durch Absorption mittelst einer Kalihydratkugel seines Kohlensäuregehaltes beraubt worden ist. Hierzu läßt man nun ein bestimmtes Volumen Stickstoffoxydgas treten, wobei rothe Dämpfe von Untersalpetersäure und eine Contraction des Gasvolumens entstehen. Aus letzterer Contraction läßt sich das in dem analysirten Gase enthaltene Sauerstoffvolumen berechnen, indem es dem dritten Theile der Contraction entspricht. Sind die Ablesungen, welche alle in der Wasserwanne unter genauer Beobachtung eines gleichen Niveaus innen und außen erfolgen, vollendet, so versichert man sich, ob man auch Stickstoffoxydgas in Ueberschuß angewendet gehabt hat, weil sonst das Resultat falsch ist. Hierzu läßt man eine Luftblase in der Probirröhre aufsteigen, welche eine bräunliche Färbung erzeugen muß, wenn Stickstoffoxydgas in genügender Menge vorhanden gewesen ist.

Diese Probe ist eine der einfachsten und in wenig Minuten ausführbar; sie giebt hinreichend genaue Resultate und kann selbst Leuten ohne alle wissenschaftliche Kenntnisse überlassen werden. Sie wird seit 18 Monaten täglich in den Kestner'schen Werken zu Thann angewendet und dient zur Untersuchung der Gase zweier Dampfkessel, deren Zug nach den Ergebnissen dieser Analysen regulirt wird. Letztere macht ein Werkmeister, der bei seinem Eintritte in das Kestner'sche Etablissement nicht einmal lesen und schreiben konnte. Bei einiger Uebung giebt diese Methode sehr gute Resultate.

Um sie mit derjenigen Methode zu vergleichen, welche auf der Absorption mittelst pyrogallussaurem Kali beruht, wurden mit denselben Gasen 13 Tage hindurch vergleichende Analysen angestellt, wobei für letztere Analyse die Quecksilberwanne und alle mögliche Vorsicht angewendet wurde, die Probe mit Stickstoffoxyd aber von dem Werkmeister mit der Wasserwanne wie gewöhnlich angestellt wurde. Sie ergaben:

Datum.	Sauerstoff nach der Probe mit Stickstoff.	Pyrogallat.
17. Januar	5,6	5,5
18. „	4,9	4,9
19. „	6,0	5,8
20. „	4,7	4,6
21. „	5,8	5,7
22. „	6,1	6,3
23. „	6,2	6,3
24. „	6,3	6,1
25. „	5,7	5,6
26. „	6,5	6,7
27. „	5,2	5,5
28. „	6,1	6,0
29. „	6,2	6,0
30. „	6,0	5,8

Während mehrerer Versuche, welche in der 2. Tabelle aufgeführt sind, habe ich Gas in verschiedenen Phasen des Versuches entnommen und ich führe die erhaltenen Zahlen an, um darzuthun, wie nöthig es ist, beträchtliche Gasmengen während längerer Zeit aufzufangen, und wie groß die Differenzen in der Zusammensetzung des Gases sind. Hierbei arbeitete der Wasserrespirator gleichzeitig mit dem Quecksilberapparate und die durch solche einzelne Gasschöpfungen erzielten Ergebnisse sind mit dem Durchschnittsresultate aus den im Quecksilbergasometer aufgefangenen Gasen verglichen. Die unter Wasser aufgefangenen Gasvolumina betrugen stets ungefähr 50 Liter, die Zeit ist beigesetzt.

Erster Versuch. — 3 Stunden Aspirationszeit im Quecksilberaspirator. Sauerstoff 4,84. Saugzeit für den Wasseraspirator ungefähr je 10 Minuten.

	Sauerstoffgehalt.
in der ersten Viertelstunde	4,24 %
„ zweiten „	6,03
„ dritten „	6,40
„ vierten „	5,21

Zweiter Versuch. — 3½ Stunde Aspirationszeit und 11,4 Proc. Sauerstoffgehalt nach der Quecksilberauffangung. Die Wasseraspiration fand continuirlich statt und sobald der Gasometer gefüllt war, wurde das Gas untersucht:

	Sauerstoffgehalt.
erster Gasometer	12,7 %
zweiter „	16,7
dritter „	10,8
vierter „	10,2
fünfter „	12,8
sechster „	13,4
siebenter „	12,9

Dritter Versuch. — Durchschnittsgehalt der Gase für 5 Stunden und aufgefangen über Quecksilber 2,82 Procent. Andere Probe:

	Sauerstoffgehalt.
erster Gasometer	4,75 %
zweiter „	3,45
dritter „	4,28
vierter „	2,72

Aus diesen Versuchen geht nun hervor, daß man, wenn man laufendes Wasser zur Verfügung hat, ohne schwierige und kostspielige Einrichtung und ohne eines geübten Chemikers zu bedürfen, auf die angezeigte Weise die dem Roste zugeführte Luftmenge ermitteln kann. Diese Bestimmung ist wahrscheinlich genauer als diejenige mit dem Anemometer und läßt sich oft wiederholen, kann also auch zur Untersuchung der Gase in den verschiedenen Phasen der Verbrennung der Steinkohle benutzt werden.

Schlüßlich sei es gestattet, nochmals auf die Schwierigkeiten hinzudeuten, welche bei der Bestimmung der Verluste an brennbaren Gasen unter verschieden starkem Luftzutritte zu überwinden sind. Bei geringem Luftzutritte werden sie offenbar stärker sein, als bei der genügenden Luftmenge; aber trotzdem kann es vorkommen, daß eine Gasanalyse einen höheren Gehalt an brennbaren Gasen zeigt, als die Analyse eines Gases mit weniger freiem Sauerstoffe, wenn nämlich der Rost nicht gleichförmig bedeckt gewesen ist. Kurz nach dem Aufschütten frischer Kohlen sind die Gase arm an Sauerstoff, reich an brennbaren Gasen, aber gleichzeitig können andere sehr sauerstoffreiche Gase durch Lücken im Roste zuströmen und sich mit ersteren erst in einer solchen Entfernung vom Roste mischen, daß ihre Verbrennung nicht mehr möglich ist.

Diese Ursache von Täuschungen ist bei meinen Versuchen durch die Regelmäßigkeit des Aufgebens in gleich großen Quantitäten und Pausen und durch die Sorgfalt der gleichförmigen Ausbreitung über den Rost vermieden worden; aber es kann nicht genug betont werden, daß bei Versuchen über das Verhältniß zwischen den entstehenden brennbaren Gasen und dem Luftquantum eine viel größere Sorgfalt auf die Beschickung des Rostes verwendet werden muß, als bei Versuchen über den Heizeffect der Steinkohlen.

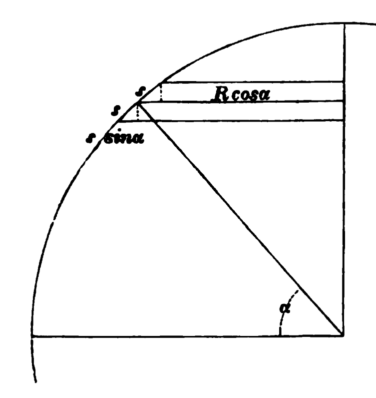
(Fortsetzung folgt.)

Einfluß der Axendrehung der Erde auf das Entgleisen von Eisenbahnzügen.

Von

A. Hallbauer, Finanzrath in Leipzig.

Schon öfter ist auf den Umstand aufmerksam gemacht worden, daß ein Eisenbahnzug, der sich von Norden nach Süden oder umgekehrt bewegt, dadurch einer Kraft unterliegt, welche ihn zur Seite drängt, daß er bei seiner Bewegung beständig in schneller oder langsamer rotirende Kreise der Erdoberfläche übergeht. Es ist darauf hingewiesen worden, daß dieser aus der Erdrotation hervorgehende Druck dem Zuge ein Bestreben zum Entgleisen ertheile, und es ist selbst die Frage schon gestellt worden, ob nicht in ähnlicher Weise, wie es in Eisenbahncurven behufs der Neutralisirung der Centrifugalkraft geschieht, durch Ueberhöhung des einen Schienenstranges der schädlichen Tendenz zur Entgeleisung auch in einer mehr oder weniger in einem Meridian liegenden Bahn zu begegnen sei? Es mag daher in Folgendem der Einfluß der Erdrotation auf einen in der Richtung eines Meridians in Bewegung gesetzten Körper der Rechnung unterzogen werden. Die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation ist



$$\frac{2\pi}{24.60.60} = 0{,}0000727.$$

Ein Punkt auf der Erdoberfläche unter dem Breitengrade α macht daher vermöge der Erdrotation in der Secunde eine Bewegung $0{,}0000727\,R\cos\alpha$ von West nach Ost, wenn R den Erdhalbmesser bezeichnet. Für einen andern Punkt, südlich oder nördlich in der Entfernung s von dem ersteren gelegen, läßt sich in der Voraussetzung, daß s im Verhältniß zu R sehr klein ist, der Rotationshalbmesser $R\cos\alpha \pm s\sin\alpha$ und die Umschwungsbewegung in der Secunde $0{,}0000727\,(R\cos\alpha \pm s\sin\alpha)$ setzen. Braucht nun ein Körper die Zeit t, um den Weg von dem ersten Punkte nach dem zweiten zurückzulegen, so macht er in dieser Zeit vermöge der Erdrotation zugleich den Weg

$$u = 0{,}0000727\,t\,R\cos\alpha - 0{,}0000727\,t\,(R\cos\alpha \pm s\sin\alpha)$$
$$= \mp\,0{,}0000727\,t\,s\sin\alpha$$

von West nach Ost. Ist daher der Körper von Nord nach Süd in Bewegung gesetzt worden, so wird er wegen des —Zeichens westlich vom Zielpunkte, und ist er in entgegengesetzter Richtung in Bewegung gesetzt worden, so wird er östlich vom Zielpunkte anlangen und zwar in beiden Fällen um $u = 0{,}0000727\,t\,s\sin\alpha$.

Eine Kugel z. B., welche unter 50° Breite genau von Nord nach Süd oder umgekehrt abgeschossen wird und in $t = 10$ Secunden den Weg $s = 4000$ Meter zurücklegt, wird

$$u = 0{,}0000727\,.\,10\,.\,4000\,.\,0{,}766 = 2{,}2275 \text{ Meter}$$

westlich oder östlich vom Zielpunkte einschlagen. Allerdings wird der Luftwiderstand diese Abweichung etwas abmindern, allein bei der verhältnißmäßig sehr geringen Geschwindigkeit der seitlichen Bewegung nur sehr wenig.

Fragt man, unter welchem Winkel φ gegen die Meridianebene die Kugel abgeschossen werden muß, damit die Abweichung zur Seite wegfällt, so ergiebt sich für diesen Winkel $\operatorname{tang}\varphi = \frac{-u}{s} = \pm\,0{,}0000727\,t\sin\alpha$. Es ist daher beim Schießen von Nord nach Süd östlich und beim Schießen von Süd nach Nord westlich um die Größe u vorzuhalten.

Wird der Körper durch ein Hinderniß, wie z. B. ein Eisenbahnzug durch das Schienengeleis, an der Abweichung gehindert und in der Meridianebene erhalten, so wird er beständig ein Bestreben ausüben, seitlich abzuweichen und der Eisenbahnzug wird vermöge desselben einen Seitendruck gegen die Schienenbahn ausüben, welcher westlich gerichtet ist, wenn der Zug von Nord nach Süd, östlich dagegen, wenn der Zug von Süd nach Nord läuft.

Der seitlichen Bewegung, welche der Körper vermöge der Erdrotation zu machen das Bestreben hat, entspricht die Beschleunigung

$$p = \frac{2u}{t^2} = \frac{2.0{,}0000727\,t\,s\sin\alpha}{t^2}$$
$$= \frac{0{,}0001454\,s\sin\alpha}{t},$$

oder, wenn v die Geschwindigkeit pro Secunde ist, d. h. $vt = s$ und $v = \frac{s}{t}$,

$$p = 0{,}0001454\,v\sin\alpha.$$

Bezeichnet ferner M die Masse des bewegten Körpers und P die bewegende Kraft, so ist auch $p = \frac{P}{M}$ und man erhält den seitlichen Druck $P = 0{,}0001454\,M v\sin\alpha$.

Eine Locomotive von 600 Ctr. = 30000 Kilogr. Gewicht, welche sich mit 15 Meter Geschwindigkeit von Nord nach Süd bewegt, übt unter dem 50. Breitengrade einen Druck gegen den westlichen Schienenstrang aus, welcher, da $M = \frac{30000}{9{,}8088} = 3058{,}5$ ist,

$$P = 0{,}0001454\,.\,3058{,}5\,.\,15\,.\,0{,}766 = 5{,}055 \text{ Kilogr.}$$

beträgt und westlich gerichtet ist.

Der durch die Erdrotation erzeugte Seitendruck eines im Meridian sich bewegenden Zuges läßt sich am besten mit dem durch die Centrifugalkraft in einer Eisenbahncurve hervorgebrachten Seitendrucke vergleichen, welcher sich ergeben würde, wenn der äußere Schienenstrang nicht überhöht wäre.

Die Locomotive von der Masse M, welche sich mit c Geschwindigkeit pro Secunde in einer Curve von r Krümmungshalbmesser bewegt, übt vermöge der Centrifugalkraft einen Seitendruck $P_1 = \frac{Mc^2}{r}$ aus.

Will man daher mit diesem Seitendrucke den durch die Erdrotation erzeugten vergleichen, so hat man $P = P_1$, d. i.

$$0{,}0001454\,M v\sin\alpha = \frac{Mc^2}{r} \text{ zu setzen, woraus}$$

$$\frac{c^2}{r} = 0{,}0001454\,v\sin\alpha \text{ folgt.}$$

Nimmt man die größte Geschwindigkeit eines Zuges zu 12 Meilen à $7^1/_2$ Kilometer pro Stunde an, so wird unter 50° Breite der Seitendruck vermöge der Erdrotation

$$P = 0{,}0001454\,.\,25\,.\,0{,}766\,M = 0{,}00278\,M,$$

und man kann die Verhältnisse, unter denen in einer Curve ein gleicher Seitendruck entsteht, aus $\frac{c^2}{r} = 0{,}00278$ finden. Es entsprechen diesem Ausdrucke:

c = 1	Meter	Geschwindigkeit	und	r = 359	Meter	Curvenhalbmesser.
5	"	"	"	8979	"	"
10	"	"	"	35900	"	"
15	"	"	"	80809	"	"

So wenig ein Eisenbahn-Techniker Bedenken tragen würde, von der Ueberhöhung des äußeren Schienenstranges in einer Curve von 359 Meter Krümmungshalbmesser abzusehen, wenn die Geschwindigkeit der durch dieselbe verkehrenden Züge 1 Meter pro Secunde oder beiläufig $^1/_2$ Meile pro Stunde nicht überstiege, so wenig wird es selbst bei der größten vorkommenden Geschwindigkeit von 12 Meilen pro Stunde eines von Nord nach Süd oder umgekehrt laufenden Zuges erforderlich sein, wegen des Einflusses der Erdrotation zu besonderen Maßnahmen zu greifen.

Soll übrigens die Ueberhöhung h des einen Schienenstranges über den anderen bestimmt werden, welche nöthig sein würde, um dem aus der Erdumdrehung sich ergebenden Seitendrucke zu begegnen, so ist, wenn Q das Zugsgewicht und g die Beschleunigung der Schwerkraft bedeutet, für die gewöhnliche Spurweite von 1,436 Meter

$$\frac{h}{1{,}436} = \frac{P}{Q} = \frac{p}{g} \text{ zu setzen, woraus}$$

$$h = \frac{0{,}0001454\,v\sin\alpha}{g}\,1{,}436 \text{ folgt.}$$

Für die Maximal-Zugsgeschwindigkeit von 12 Meilen pro Stunde oder 25 Meter pro Secunde würde daher unter dem 50. Breitengrade die Ueberhöhung des einen Stranges über dem anderen

$$h = \frac{0{,}0001454\,.\,25\,.\,0{,}766\,.\,1{,}436}{9{,}8088} = 0{,}0004 \text{ Meter}$$

erforderlich sein, also noch nicht einmal $^1/_2$ Millimeter.

Bemerkenswerth ist übrigens noch, daß der Seitendruck vermöge der Erdrotation am Aequator Null und in der Nähe der Pole am größten ist, daß er aber nicht vom Halbmesser, also nicht von der Größe der Erde abhängt, sondern nur von der Zugsgeschwindigkeit, der geographischen Breite und der Masse des Zuges, mit denen er zunimmt.

Schallveränderung durch Bewegung bei Eisenbahnzügen.

Von

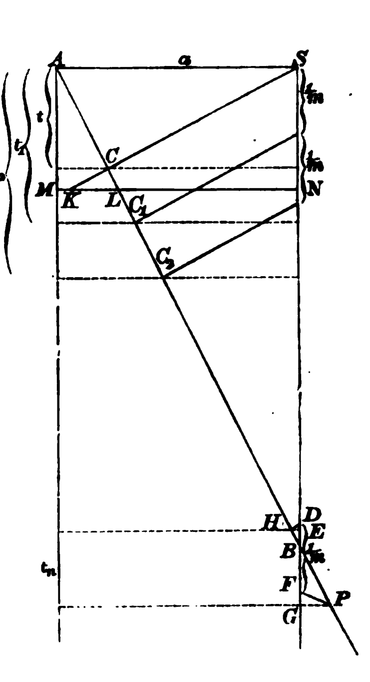
A. Hallbauer, Finanzrath in Leipzig.

Wer häufig auf Eisenbahnen reist, wird wahrgenommen haben, daß man beim raschen Vorüberfahren an einem tönenden Körper einen Schall hört, der aus einem höheren Tone ziemlich plötzlich in einen tieferen übergeht. Es ist dies z. B. leicht zu beobachten, wenn an einem elektromagnetischen Glockenapparate beim Vorüberfahren des Eisenbahnzuges durch die Erschütterung zufällig der Hammer der Glocke ausgelöst wird, oder wenn Arbeiter am anderen Geleise gerade beim Vorüberfahren des Zuges Nägel festschlagen, am deutlichsten, wenn beim Begegnen zweier Eisenbahnzüge die Locomotivpfeife des entgegenkommenden Zuges noch im Momente des Vorüberfahrens ertönt.

Indem man sich der Quelle eines Schalles entgegenbewegt, dringen in einer gewissen Zeit mehr Tonschwingungen zum Ohre, als in derselben Zeit vom tönenden Körper entsendet werden und umgekehrt können, indem man sich von letzterem entfernt, in bestimmter Zeit weniger Schwingungen zum Ohre gelangen, als von dem schallenden Körper in dieser Zeit ausgehen. Wenn nun die Höhe oder Tiefe eines Tones von dem Zeitintervalle abhängt, innerhalb dessen zwei aufeinander folgende Tonschwingungen das Ohr treffen, so muß man hiernach zu dem Ergebniß kommen, daß man, indem man sich der Quelle eines Schalles nähert, einen höheren Ton hört, als den von derselben entsendeten, daß dagegen ein tieferer Ton gehört wird, als dieser, wenn man sich von dem den Schall erzeugenden Körper entfernt, weil höhere Töne kleineren, tiefere Töne größeren Schwingungszeiten entsprechen.

Mit Hilfe einer graphischen Methode lassen sich die einschlagenden Verhältnisse durch Rechnung leicht entwickeln.

Befindet sich die Quelle des Schalles, welche in der Secunde m Schwingungen aussendet, in S und bewegt sich der bei Abgang einer Schwingung in A befindliche Beobachter mit der gleichförmigen, für die Zeiteinheit AM = NS durch LM = v ausgedrückten Geschwindigkeit dem Punkte S entgegen, so stellt die gerade Linie durch AP die Bewegungsverhältnisse des Beobachters dar. Wenn ferner für die nämliche Zeiteinheit NS = AM = 1 Secunde die Geschwindigkeit des Schalles NK = c ist, so sind die in den Zeitabständen $\frac{1}{m}$ aufeinander folgenden parallelen Linien KS u. s. f. die Repräsentanten der Bewegungsverhältnisse der aufeinander folgenden Schallschwingungen und die Punkte $C C_1 C_2$ stellen das Zusammentreffen derselben mit dem Beobachter vor. Wenn nun $t\, t_1\, t_2$ die bis zu diesen Begegnungen verfließenden Zeiten bezeichnen, so findet man leicht:



$$v t + c t = a$$

$$v t_1 + c\left(t_1 - \frac{1}{m}\right) = a$$

$$v t_2 + c\left(t_2 - \frac{2}{m}\right) = a,$$

$$\text{also } t = \frac{a}{c+v}$$

$$t_1 = \frac{am + c}{c+v}$$

$$t_2 = \frac{am + 2c}{c+v},$$

woraus die Zeitintervalle, in welchen die erste, zweite und dritte Schwingung zum Ohre des Beobachters dringen,

$$t_1 - t = t_2 - t_1 = \frac{c}{m(c+v)}$$

folgen.

Diese Zeitintervalle sind also von a unabhängig und für je zwei aufeinander folgende Schwingungen gleich.

Trifft der Beobachter bei dem tönenden Körper nicht gerade in dem Augenblicke ein, wo eine Schwingung beginnt, d. h. ist $BS = \frac{a}{v}$ nicht durch $\frac{1}{m}$ theilbar, sondern bleibt bis zum Zusammentreffen des Beobachters am Punkte S noch ein Zeitelement $BD = \tau$ übrig, welches also kleiner ist, als $\frac{1}{m}$, so tritt der Fall ein, daß die nächstfolgende Schwingung das Ohr des Beobachters erst nach dem Vorübergleiten desselben am Punkte S erreicht und da nunmehr die Richtung der zum Ohre des Beobachters dringenden Schwingungen die entgegengesetzte ist, so wird das Zeitintervall für diese beiden Schwingungen größer sein als $\frac{c}{m(c+v)}$.

Nach der Figur ist

$$t_n = DG - DE = \frac{1}{m} + FG - DE.$$

Aus $EH = DE.c$ und

$$EH = (BD - DE)v = (\tau - DE)v$$

folgt

$$DE.c = (\tau - DE)v \text{ und}$$

$$DE = \frac{v\tau}{c+v}.$$

Ferner ist

$$GP = FG.c \text{ und auch}$$

$$GP = vt_n - EH = vt_n - DE.c$$

$$= vt_n - \frac{vc\tau}{c+v},$$

woraus $FG = \frac{vt_n}{c} - \frac{vc}{c+v}$ folgt.

Führt man die für DE und FG gefundenen Werthe ein, so erhält man

$$t_n = \frac{1}{m} + \frac{vt_n}{c} - \frac{2v\tau}{c+v}, \text{ und endlich}$$

$$t_n = \frac{(c+v-2mv\tau)c}{m(c+v)(c-v)}.$$

Wenn sich der Beobachter von dem tönenden Körper entfernt, so wird, weil c die entgegengesetzte Richtung angenommen hat

$$t_1 - t = t_2 - t_1 = \frac{c}{m(c-v)}.$$

Wird nun mit m_1, m_2, m_3 die Anzahl der Schwingungen pro Secunde bezeichnet, welche vor, während und nach dem Begegnen des Beobachters mit dem tönenden Körper den gefundenen Zeitintervallen entsprechen, so ist

$$m_1 = \frac{c+v}{c}m$$

$$m_2 = \frac{(c+v)(c-v)m}{(c+v-2mv\tau)c}$$

$$m_3 = \frac{c-v}{c}m.$$

Es ist nicht schwer zu erkennen, daß m_2 zwischen m_1 und m_3 liegt, d. h. kleiner als m_1 und größer als m_3 ist, wenn nur $\tau < \frac{1}{m}$ ist.

Der Beobachter hört also nicht den erzeugten, m Schwingungen entsprechenden Ton, sondern vor dem Begegnen einen höheren, nach dem Begegnen einen tieferen und während des Begegnens ganz kurz einen zwischen beiden liegenden Ton.

Für $\tau = 0$ wird $m_2 = \frac{(c-v)}{c}m = m_3$ und für $\tau = \frac{1}{m}$ wird $m_2 = \frac{c+v}{c}m = m_1$. In beiden Fällen wird daher erst der Ton von m_1 Schwingungen und dann plötzlich und ohne Uebergang der Ton von m_3 Schwingungen gehört.

Für $\tau = \frac{c+v}{2mc}$ geht m_2 in m über und man hört in diesem besonderen Falle beim Begegnen auf einen Augenblick auch den ursprünglichen Ton zwischen den Tönen von den Schwingungen m_1 und m_3.

Die Geschwindigkeit des Schalles ist $c = 340{,}88$ Meter. Nähert man sich nun dem Ausgangspunkte desselben mit $v = 22{,}73$ Meter Geschwindigkeit, so hört man anstatt eines Tones von m Schwingungen in der Secunde einen solchen von

$$m_1 = \frac{340{,}88 + 22{,}73}{340{,}88}m = 1{,}067\,m \doteq \frac{16}{15}m$$

Schwingungen vor dem Begegnen und einen solchen von

$$m_3 = \frac{340{,}88 - 22{,}73}{340{,}88}m = 0{,}93\,m = \frac{14}{15}m$$

Schwingungen nach dem Begegnen.

Das Verhältniß der Schwingungszahlen $\frac{16}{15}$ entspricht einem halben Ton, der zuerst gehörte Ton wird daher um $\frac{1}{2}$ Ton höher sein, als der ausgesendete und der zuletzt gehörte etwas mehr als $\frac{1}{2}$ Ton tiefer.

Trifft das Begegnen nicht gerade mit dem Beginne einer Schwingung zusammen, sondern erst $\tau = \frac{1}{2m}$ nachher, so wird zwischen beiden Tönen noch ein solcher von

$$m_2 = \frac{(340{,}88 + 22{,}73)\,(340{,}88 - 22{,}73)}{340^2{,}88}\,m$$
$$= 0{,}995\,m$$

Schwingungen gehören.

Kommt der tönende Körper dem mit v Geschwindigkeit sich bewegenden Beobachter entgegen, wie dies beim Begegnen zweier Eisenbahnzüge der Fall ist, wenn gerade beim Vorüberfahren die Dampfpfeife des entgegenkommenden Zuges ertönt, und ist die Geschwindigkeit des letzteren v_1, so ist die Wirkung die nämliche, als ob der tönende Körper sich nicht von der Stelle bewegte, der Beobachter aber mit $v + v_1$ Geschwindigkeit daran vorüberglitte.

Man erhält daher für diesen Fall

$$m_1 = \frac{c + v + v_1}{c}\,m$$
$$m_2 = \frac{(c + v + v_1)(c - v - v_1)}{[c + v + v_1 - 2m\tau(v + v_1)]\,c}\,m$$
$$m_3 = \frac{c - (v + v_1)}{c}\,m.$$

Ist beispielsweise $v + v_1 = 37{,}86$ Meter, so erhält man

$$m_1 = \frac{10}{9}\,m \quad \text{und} \quad m_3 = \frac{8}{9}\,m.$$

Es werden daher, abgesehen von dem mittleren Tone, welcher von τ abhängt, zwei Töne gehört, deren Schwingungszahlen im Verhältnisse von $\frac{10}{8} = \frac{5}{4}$ stehen, wovon also der zweite um die große Terz tiefer ist, als der erste.

Wer daher die Töne abzuschätzen versteht, welche er beim Vorübergleiten an einem tönenden Körper hört, namentlich die den Schwingungen m_1 und m_3 entsprechenden, dem bietet sich dadurch ein Mittel dar, über die Geschwindigkeit der Züge zu urtheilen.

Bewegt sich nur der Beobachter dem tönenden Körper entgegen, so hat man

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{c + v}{c - v} \quad \text{und hieraus} \quad v = \frac{\frac{m_1}{m_3} - 1}{\frac{m_1}{m_3} + 1}\,c,$$

und bewegt sich auch der tönende Körper dem Beobachter entgegen, so ist

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{c + v + v_1}{c - (v + v_1)},$$

und hieraus wieder

$$v + v_1 = \frac{\frac{m_1}{m_2} - 1}{\frac{m_1}{m_3} + 1}\,c.$$

Unterscheiden sich z. B. die den Schwingungen m_1 und m_3 entsprechenden Töne vor und nach dem Begegnen um die große Terz, so daß $\frac{m_1}{m_3} = \frac{5}{4}$ ist, so muß die relative Geschwindigkeit der beiden Züge

$$v + v_1 = \frac{5/4 - 1}{5/4 + 1} \cdot 340{,}88 = 37{,}68 \text{ Meter pro Sec.}$$

oder beiläufig 18 Meilen in der Stunde gewesen sein.

Könnte ein Beobachter mit einer Geschwindigkeit an dem tönenden Körper vorübergleiten, welche der Schallgeschwindigkeit gleich wäre, so würde

$$m_1 = 2m \quad \text{und} \quad m_2 = m_3 = 0 \text{ sein,}$$

d. h. er würde zuerst die nächsthöhere Octave des gegebenen Tones hören und vom Begegnen an nichts mehr. In diesem, wie in dem Falle, daß die relative Geschwindigkeit der Bewegung noch größer würde, als die Schallgeschwindigkeit, würde nur ein Ton gehört werden, der dem erzeugten gegenüber um so höher, je größer die relative Geschwindigkeit zwischen Beobachter und Schallquelle wäre.

Construction eiserner Fachwerkträgerbrücken.*)

Von

Dr. W. Fränkel,

geprüftem Civilingenieur und ord. Lehrer der Ingenieurwissenschaften am k. Polytechnikum zu Dresden.

(Hierzu Tafel 11, 12, 13, 14, 15, 16.)

I. Anordnung des Querschnittes.

1. Zahl der Hauptträger.

Bei eingeleisigen Eisenbahnbrücken werden fast stets 2 Hauptträger angeordnet (Fig. 1, Taf. 11). Ausnahmsweise findet man jedoch auch 3 Träger pro 1 Geleis (Fig. 2).

Bei zweigeleisigen Eisenbahnbrücken sind verschiedene Constructionen ausgeführt worden:

a) 4 Hauptträger. Hierbei liegen entweder alle 4 Träger unter den für beide Geleise gemeinschaftlichen Querträgern (Fig. 3), oder je ein Hauptträgerpaar trägt unabhängig von dem andern ein Geleis, so daß das Ganze 2 eingeleisige Brücken mit gemeinschaftlichem Unterbau bildet.

Die erstere Anordnung ist nicht häufig angewendet worden. Sie bietet den Vortheil schmälerer Pfeiler und Widerlager; andererseits hat sie jedoch den Nachtheil einer zu hohen Schwerpunktslage.

Bei der letzteren Construction liegt ein Vortheil in der gleichen Inanspruchnahme sämmtlicher Träger. Auch hat man hier bequem die Möglichkeit, blos ein Geleis des Oberbaues längere Zeit zu benutzen und dann, ohne Störung, das zweite Geleis überzuführen. Nachtheilig ist dagegen die größere Breite der gemauerten Unterstützungen.

b) 3 Hauptträger, Fig. 4 und 5. Dieses System hat den Vortheil einer großen seitlichen Steifigkeit und ist auch leichter als das mit 4 Trägern. Ein großer Nachtheil desselben liegt jedoch darin, daß beim Befahren blos eines Geleises eine Verzerrung des Querschnittes eintritt. Selbst bei symmetrischer Belastung beider Geleise senkt sich der mittlere, steifer construirte Träger anders als die äußeren, wodurch ebenfalls Deformationen entstehen. Endlich ist auch hier die erforderliche Pfeilerbreite nicht kleiner als bei a). Diese Construction ist daher zu verwerfen.

c) 2 Hauptträger, Fig. 6, Taf. 11 und Fig. 28, Taf. 13. Dieses System wird jetzt am häufigsten für zweigeleisige Brücken angewendet und bietet folgende Vortheile: Geringste Breite der Pfeiler; vollständige Solidarität der beiden Geleise und dadurch große seitliche Steifigkeit; Ersparniß an Material durch das Wegfallen des mittleren Hauptträgers. Die Querträger werden zwar wegen ihrer größeren Spannweite stärker zu construiren sein, andererseits fallen aber auch sämmtliche Verbindungstheile weg, welche die Querträger an den mittlern Hauptträger befestigen.

Bei Belastung nur eines Geleises entsteht freilich auch hier eine nachtheilige Verzerrung des Querschnittes, doch ist dieselbe geringer als bei 3 Trägern.

d) Wenn es darauf ankommt, bei kleineren Brücken die geringste Höhe der Eisenconstruction zu erzielen (z. B. bei Straßenunterführungen und geringem Abstande zwischen Bahn- und Straßenplanie), wendet man ausnahmsweise 2 Hauptträger pro Schienenstrang an (Fig. 7). Die Ausnutzung des Materiales ist bei dieser Anordnung offenbar eine ungünstige, da der größte Theil der Masse in der Nähe der neutralen Axe liegt.

2. Abstand der Hauptträger.

Es ist zu unterscheiden, ob die Fahrbahn zwischen oder über den Hauptträgern sich befindet. Im ersteren Falle muß stets das Normalprofil des lichten Bahnraumes zwischen den Trägern Platz finden.

Liegt dagegen die Fahrbahn über den Hauptträgern, so macht man bei kleineren Eisenbahnbrücken

a) mit 2 Trägern und directer Querschwellenauflagerung den Abstand der Träger 1,5 bis 2 Meter (Fig. 16 und Fig. 17, Tafel 12). In England findet man

*) Nach den Vorträgen des Verfassers. — Vergl. Schwedler's Referat über die Frage A. 12 für die Conferenz der Techniker Deutscher Eisenbahnverwaltungen, abgehalten in Dresden 1865.

kleinere Brücken, bei welchen auf den Gurten der Hauptträger Langschwellen liegen, die als Unterlage für die Schienenstränge dienen. Sowohl in diesem, als auch in dem in Fig. 8 u. 9, Taf. 12, dargestellten Falle, wo die Schienen direct auf den Hauptträgern befestigt sind, muß natürlich der Abstand der letzteren mit der Geleisweite übereinstimmen.

Bei größerer Spannweite und somit auch größerer Höhe h der Hauptträger muß auch ihr gegenseitiger Abstand a zunehmen. Man kann etwa setzen

$$a = 1{,}5 \text{ Meter} + 0{,}5 h \text{ Meter}.$$

b) Liegen bei eingeleisigen Brücken 3 Träger unter der Bahn, so richtet sich die Vertheilung der Raddrücke auf die Hauptträger nach dem Verhältnisse $\frac{s}{a}$. Man erhält:

$R_2 = R_1$ für $a = 1{,}292\, s$

$R_2 = 1{,}5\, R_1$ „ $a = 1{,}422\, s$

$R_2 = 2\, R_1$ „ $a = 1{,}532\, s$.

Sollen daher alle 3 Träger gleichviel tragen, so muß die Entfernung $\frac{a}{2}$ je zweier derselben 0,646 der Geleisweite ausmachen.

Bei zweigeleisigen Eisenbahnbrücken mit über den Trägern liegender Fahrbahn wendet man fast stets 4 Träger an. Hierbei fallen entweder die Mitten zwischen je 2 Hauptträgern mit den Geleismitten zusammen, oder man legt wie in Fig. 3 die inneren Schienenstränge über die inneren Träger und es liegen dann die äußeren Träger etwas außerhalb der äußeren Schienenstränge, da sonst bei größeren Constructionshöhen die Breite der Construction zu gering herauskäme.

Bei letzterer Anordnung erhält man schmälere Widerlager, doch werden die Hauptträger ungleich stark in Anspruch genommen.

3. Höhenlage der Fahrbahn. (Taf. 11, 12, 13.)

Die Lage der Fahrbahn richtet sich theils nach der Construction der Hauptträger, theils nach den Schifffahrts- und Hochfluthverhältnissen.

a) Die Fahrbahn liegt oben (Fig. 2, 3, 9, 16, 17, 19, 20), wenn man an der Höhe der Pfeiler und Widerlager sparen will und genügender Platz über dem Hochwasser vorhanden ist. Die Minimalhöhe vom Wasserspiegel bis zur Unterkante der Eisenconstruction ist bei einem von Schiffen mit niedergelegten Masten befahrenen Flusse größer als bei Canälen anzunehmen, weil bei letzteren die Schiffe ganz ruhig durchgeführt werden können. Bei der großen Brücke über die Lek bei Kuilenburg in Holland liegt die Unterkante 12,66 Meter über dem mittleren Wasserstande. Auf dem Rhein ist für die Brücken eine Höhe von 9 Meter über dem höchsten schiffbaren Wasserstande festgestellt; auf den Canälen zwischen Elbe, Oder, Weichsel 8 Fuß rhein. als Minimum, 8 bis 10 Fuß als Regel und für den Rhein-Weser Canal, wegen der 13 Fuß rhein. betragenden Höhe der Rheinschiffe 14 Fuß freie Höhe.

Ueber der höchsten, nicht mehr schiffbaren Fluth sollte man noch 1,5 bis 2 Meter lichten Raum wegen der vom Wasser mitgeführten, oft bedeutend großen Gegenstände lassen.

Führt die Brücke über eine Straße, so richtet sich die lichte Höhe über der letzteren nach der Verladungshöhe der Wagen. Oft nimmt man hierzu als Maßstab die Höhe der nahegelegenen Scheunenthore. In Frankreich findet man die vorgeschriebene Minimalhöhe über der Straßenplanie bei geraden Trägerunterkanten zu 4,8 Meter, bei kreisförmigen Trägern dagegen zu 5 Meter.

Die hohe Lage der Fahrbahn bietet den Vortheil der bequemen Anordnung von verticalen, sowie von horizontalen unteren und oberen Querverbänden (Fig. 3).

b) Die Fahrbahn liegt innerhalb der Trägerhöhe (Fig. 14 und 28, sowie bei kleineren Brücken), wodurch ein Verticalverband erspart wird. Dagegen bedingt diese Construction eine größere Breite der Pfeiler. Vom Gesichtspunkte der gleichmäßigen Inanspruchnahme des Trägermateriales muß die mittlere Lage der Fahrbahn als die rationellste bezeichnet werden.

c) Die Fahrbahn liegt unten (Fig. 1, 4—6, 23, 24, 27, 29) bei hohen Trägern, wodurch der Schwerpunkt die tiefste Lage einnimmt und bei genügender Trägerhöhe auch ein oberer Horizontalverband angebracht werden kann (Fig. 1 und 5). Um letzteres zu ermöglichen, wird, bei mangelnder lichter Höhe über den Schienenkanten, die Fahrbahn unter dem Träger angehangen (Fig. 23).

Gegen den Fall ad b) spart man insofern etwas an Pfeilerbreite, als nunmehr das Normalprofil des lichten Bahnraumes nicht mehr die Entfernung der inneren Kanten der Hauptträgerpunkte, sondern die lichte Entfernung der Haupttragwände bedingt. Doch lassen sich bei dieser Anordnung, welche übrigens bei den meisten größeren Brücken angewendet worden ist, oft ziemlich schwierig wirksame verticale Querverbände anbringen.

II. Construction der Fahrbahn. (Taf. 12 u. 13.)

1. Unterstützung des Geleises.

a) Bei kleineren Brücken ist ausnahmsweise die directe Unterstützung der Schienen auf den Hauptträgern durch Aufschrauben (Fig. 8), oder mittelst Unterlagsplatten und Klemmschrauben (Fig. 9), oder endlich mittelst Unterlagsplatten und Knaggen (Fig. 10) zur Ausführung gekommen.

b) Ebenso werden auch die Schienen direct auf die eisernen Querträger befestigt (Fig. 11). Hierbei darf natürlich die gegenseitige Entfernung der letzteren nicht zu groß werden und richtet sich dieselbe nach der Tragfähigkeit der Schienen. Bei der Construction (Fig. 12) ist die Fahrschiene durch Combination mit einer darunter liegenden gebogenen Eisenbahnschiene abgesprengt, wodurch ihre Tragfähigkeit und demnach auch der zulässige Abstand der Querträger vergrößert wird.

c) Sehr oft liegen die Schienen auf hölzernen Langschwellen, die auf Querträgern von Eisen ruhen (Fig. 3, 4, 13, 29). Die Dimensionen der Langschwellen richten sich nach der, übrigens nicht zu groß zu nehmenden Entfernung der Querträger und sind für den ungünstigsten Belastungsfall durch Locomotivräder zu berechnen. Die Continuität der Schwellen ist nicht zu berücksichtigen, weil die Verschraubung über den Querträgern die Gesetze der Inanspruchnahme ändert. Auch ist es räthlich, die Tragfähigkeit der Schienen nicht mit in Rechnung zu ziehen, weil eine Ungenauigkeit, die beim Auswechseln derselben, beim Vertheilen der Stöße u. a. m. geschehen kann, dieselbe illusorisch macht.

d) Um mit Beibehaltung des Langschwellensystems die Entfernung der Querträger größer machen zu können, legt man die Langschwellen auf besondere, unter denselben angebrachte und an den Querträgern befestigte Schwellenträger (Fig. 14). Es ist dann am praktischsten, die Langschwellen ziemlich niedrig zu halten und die ganze Last blos von den Schwellenträgern stützen zu lassen.

d) Bei der Flackenseebrücke sind die hölzernen Langschwellen weggelassen und die Schienen direct, mittelst Unterlagsplatten und Knaggen auf eiserne, kastenförmig construirte Schienenträger gestützt worden (Fig. 15). Diese Schienenträger gehen continuirlich über einige Querträger (bei der Flackenseebrücke z. B. jedesmal vom ersten bis zum dritten Querträger in einer Totallänge von 15,5 Fuß rhein.) durch, an welche sie vernietet sind. Dieser letztere Umstand berechtigt auch, die Kastenträger als über eine Oeffnung gespannt mit horizontal eingemauerten Enden zu berechnen.

e) Häufiger als Langschwellen werden in Deutschland hölzerne Querschwellen angewendet. Bei kleineren Brücken legt man dieselben unmittelbar auf die Hauptträger (Fig. 16 und 17). Ist hierfür keine genügende Constructionshöhe vorhanden, so steckt man ausnahmsweise die Querschwellen durch die Hauptträger (Fig. 18).

f) Nicht zu empfehlen ist die, übrigens sehr selten vorkommende Anordnung, bei welcher die Querschwellen außer auf den beiden Hauptträgern auch noch auf einem in der Brückenaxe über den Querträgern durchgehenden eisernen Schwellenträger direct auflagern (Fig. 19). Zu rechtfertigen ist diese Construction blos in den Fällen, wenn aus irgend welcher Ursache die Haupttragwände ziemlich weit voneinander stehen müssen, so daß die freie Spannweite der Querschwellen eine beträchtliche wird.

g) Die in Deutschland am häufigsten ausgeführte und zweckmäßigste Unterstützung der Geleise auf der Brücke ist die durch hölzerne Querschwellen, welche auf eisernen Schwellenträgern ruhen. Die Schwellenträger sind am besten zwischen den Querträgern befestigt (Fig. 1, 23, 24, 27, 28, 31—33), weil sie alsdann gleichzeitig zur Aussteifung der Querverbindungen dienen. Sind die Schwellenträger jedoch auf den Querträgern angeordnet (Fig. 20), so müssen erstere noch eine besondere verticale Absteifung erhalten.

Die Länge der Schwellenträger ist gleich einem Vielfachen der Querschwellendistanz anzunehmen, damit letztere sich regelmäßig auf den Trägern vertheilen läßt.

Erreicht die Länge der Schwellenträger 3 Meter, so muß man dieselben in der Mitte zwischen 2 Querträgern noch mit einer Querverbindung versehen (Fig. 20).

h) Wo es darauf ankommt, bei sehr hohen Hauptträgern die Stabilität der Brücke durch Concentration ansehnlicher Massen in den tieferen Theilen zu erhöhen, verlegt man das auf hölzernen Quer- oder Langschwellen liegende Geleis in ein vollständiges Kiesbett.

Unter dem letzteren befindet sich entweder ein Bohlenbelag (Fig. 21), oder es wird der Kies von kleinen Ziegelgewölben gestützt (Fig. 22). Anstatt der Ziegelgewölbe ordnet man gewölbartige Gußplatten oder schmiedeeiserne Buckelplatten an.

2. Die Querträger und deren Verbindung mit den Hauptträgern. (Taf. 12 u. 13.)

Die Querträger sind, wegen der nothwendigen Aussteifung der Hauptträger durch dieselben nicht zu niedrig zu halten. Schwedler räth die Querträgerhöhe bei eingeleisigen Brücken nicht unter $^2/_3$ Meter, bei zweigeleisigen nicht unter 1 Meter zu nehmen, bei einer Entfernung der Hauptträger von 4, resp. 8 Metern, entsprechend dem Normalprofil des lichten Bahnraumes.

Die Construction der Querträger ist sehr verschieden.

a) Liegen zwischen den Hauptträgern blos Querverbindungen, die nichts zu tragen haben, so können letztere verhältnißmäßig leicht gehalten werden. Man macht dieselben entweder kreuzrahmenartig (Fig. 16), oder gitterförmig (Fig. 2), oder als Blechträger (Fig. 17 u. 18), oder endlich aus Gußeisen mit Iförmigem Querschnitte (Fig. 9).

b) Am häufigsten werden die Querträger als Blechträger construirt (Fig. 3—6, 11, 13—15, 20, 21, 23). Da bei eingeleisigen Brücken die Scheerkraft zwischen den beiden Schienensträngen im Querträger = 0 ist (weil die Transversalkraft V = 0 ist), so kann der letztere auf dieser Strecke leichter als an den Enden gehalten werden und wird daher häufig hier als Gitter construirt (Fig. 24).

An den Befestigungs- oder Auflagerungsstellen der Schienen, Langschwellen, Schwellenträger u. s. w. sind dagegen die Querträger durch angenietete verticale ⌊- oder ⊥ Eisen auszusteifen (Fig. 11, 14, 20, 23).

In einigen seltenen Fällen sind auch Querträger mit doppelten, entweder hart aneinander liegenden oder durch Zwischenstücke getrennten verticalen Stehblechen angeordnet worden. Doch ist diese Construction wegen schlechter Materialausnutzung nicht zu empfehlen.

Beim Anschlusse der Querträger an die Hauptträger sind erstere womöglich zu verbreitern, um auf diese Weise einen steifen Verband zu erzielen. Diese Verbreiterung geschieht entweder durch Annieten von besonderen dreieckigen Blechlappen, wie in Fig. 6, 19, 20, oder indem man die Endstücke der verticalen Querträgerwand gleich entsprechend breiter nimmt (Fig. 14, 25a, 26). Erstere Construction dürfte sich durch größere Bequemlichkeit empfehlen. Manchmal ist man übrigens genöthigt, wegen zu niedriger disponibeler Anschlußfläche an den Hauptträger, die Querträger nach den Enden zu niedriger werden zu lassen (Fig. 1 u. 24). Dann sind die Anschlußwinkel entweder durch Streben aus Façoneisen, oder durch dreieckige Blechlappen auszusteifen.

c) Bei vielen neueren Brücken sind die Querträger Gitter oder Fachwerkträger. Hierbei ist auf die Inanspruchnahme der einzelnen Theile wohl zu achten und den gedrückten Stäben steifes Profil zu geben (Fig. 27).

d) Selten werden die Querträger aus Walzeisen hergestellt (Fig. 21), da wegen des beschränkten Profiles des letzteren die Entfernung der Querträger ziemlich klein genommen werden muß.

e) Zur Verstärkung combinirt man auch Blechbalken oder Walzeisenträger mit darunter befindlichen Sprengwerken (Fig. 28 und 29), oder Hängewerken (Fig. 1).

Die Befestigung der Querträger geschieht entweder an die Verticalständer (Fig. 19, 20, 27, 28), oder an die Gurte der Hauptträger (Fig. 1, 4, 6) durch Vernieten. Ausnahmsweise liegen die Querträger unmittelbar auf den Obergurten der Hauptträger (Fig. 3, Taf. 11 und Fig. 62, Taf. 14), oder sie sind mittelst besonderer Zwischenstücke an den Untergurt angehangen (Fig. 23).

Lagern, wie z. B. in Fig. 6 und 11, die Querträger mit ihren Enden seitlich auf den Hauptträgergurten auf, so müssen die Befestigungsniete nichtsdestoweniger auf die volle Reaction berechnet werden, damit die Last des Querträgers nicht Torsionskräfte im Hauptträger entwickele, sondern central auf die verticale Hauptwand des letzteren wirke.

Die Berechnung der Querträger geschieht wie die eines an den Enden freigelagerten Balkens in Bezug auf die ungünstigste Stellung der Locomotive.

3. Die Schwellenträger und deren Verbindung mit den Querträgern. Schwellenbefestigung.

a) Sind zwischen den Querträgern blos Längsverbindungen zur Aussteifung angebracht und haben letztere keine Last weiter zu tragen, so wendet man meist zu diesem Zwecke Gitterträger an (Fig. 30, Taf. 13).

b) Die eigentlichen Schwellenträger werden bei kleineren Brücken manchmal aus Walzeisen Iförmig construirt.

c) Liegen jedoch 3 oder 4 Querschwellen zwischen 2 Querträgern, so bietet die Anordnung von genieteten Schwellenträgern (Fig. 31 und 32) insofern einen constructiven Vortheil, als man die Gurte derselben je nach Maßgabe der Größe der einwirkenden Biegungsmomente durch Hinzufügen oder Weglassen von Kopfplatten an verschiedenen Stellen verstärken, resp. verschwächen kann. Auch reichen die üblichen Profile der gewalzten Träger für größere Spannweiten nicht aus.

d) Bei einigen neueren Brücken mit 4 Querschwellen zwischen je 2 Querträgern sind die Schwellenträger als Gitterträger construirt (Fig. 33). Die hierbei angewendeten Gurtwinkeleisen dürfen nicht zu klein (nicht unter 8 Centim. Schenkellänge) sein, damit die Schwellen eine genügende Auflagerungsfläche finden. Sollte hierbei ein bedeutendes Uebermaaß gegen den berechneten Querschnitt herauskommen, so kann man, wenigstens für den oberen Gurt, ungleichschenkelige Winkeleisen verwenden.

Bei mangelnder Constructionshöhe kann man sich durch doppelwandige, kastenförmige Schwellenträger helfen.

Die Befestigung der Schwellenträger an die Querträger geschieht mittelst Annieten durch Vermittelung von je 1 Winkeleisen, Fig. 32 (Grundriß), oder mit Zuhilfenahme von 2 Winkeleisen. Letztere gehen entweder ungekröpft durch und muß dann der Zwischenraum zwischen Querträger und Anschlußwinkeleisen durch Füllplatten ausgefüllt werden, oder man kröpft die Winkeleisen, so daß sie in ihrer ganzen Länge an den Querträger anliegen und mit demselben vernietet werden (Fig. 31).

Die Anschlußstellen der Schwellenträger an die Querträger werden, bei großen Unterschieden in der Höhe beider, durch dreieckige Blechlappen ausgesteift.

Unter den Schwellen sind die langen Schwellenträger durch angenietete Winkeleisen zu verstärken.

Die Berechnung der Schwellenträger und der dieselben an die Querträger befestigenden Niete geschieht in ähnlicher Weise, wie bei den Querträgern in Bezug auf die ungünstigste Stellung der Locomotive.

Die Befestigung der Quer- und Langschwellen geschieht entweder direct durch Schrauben (Fig. 17), oder durch Vermittelung von Winkeleisen und Schrauben (Fig. 16). Constructionen von Langschwellenstößen sind in den Figuren 30 und 34 dargestellt.

III. Construction der Hauptträger.

1. Die Gurte. (Taf. 12, 13, 14.)

Die Constructionsform der Gurte ist außerordentlich verschieden. Man giebt entweder dem unteren Gurte dieselbe Gestalt wie dem oberen, oder berücksichtigt die Verschiedenheit ihrer Inanspruchnahme, insofern man den gedrückten Gurt steif, den gezogenen dagegen mit schlaffem Profile construirt.

a) Bei den älteren Brücken mit engmaschigem Gitterwerke findet man die Gurtform wie Fig. 14 und 19. Die Gitterstäbe bestehen aus Flacheisen und sind zwischen die Winkeleisen gesteckt. Diese Construction bietet den Nachtheil von Wassersäcken im Untergurt. Auch können die Gitterstäbe blos mit einem Niet an den Gurt befestigt werden, wenn die Winkeleisen nicht mit sehr langen Schenkeln, wie in Fig. 66, Taf. 15, versehen werden.

b) Um eine bequeme, mehrnietige Befestigung zu ermöglichen, construirt man Gurte mit durchgehenden verticalen Stehblechen (Fig. 35). Die Breite der Gurte richtet sich nach der Trägerhöhe und muß mindestens 16 Centimeter + Stehblechdicke betragen, da Winkeleisen von kleinerer Schenkellänge als 8 Centimeter hier anzuwenden nicht räthlich erscheint. In Bezug auf die obere Grenze der Gurtbreite hat man darauf zu sehen, daß die Kopfplatten womöglich noch aus Flacheisen hergestellt werden können; es ist dies nämlich billiger, weil an den Seiten kein Abfall durch Beschneiden vorkommt. Auch hat das Flacheisen bekanntlich in der Längsrichtung mehr Festigkeit als Blech, da bei letzterem, wegen der Packetirung, die Fasern nach 2 Richtungen laufen, während sie beim Flacheisen mit der Längenrichtung zusammenfallen. Man muß das Verhältniß der Winkeleisenschenkel zur Kopfplattenbreite so einrichten, daß von letzterer entweder blos ein kurzes Stück über dem Winkeleisen hervorsteht, oder daß die vorstehenden Lamellenränder lang genug sind, um dieselben durch besondere Nietreihen zusammenzuhalten.

Die Anzahl der Kopfplatten wird durch die höchste zulässige Länge des Nietbolzenschaftes gleich 15 Centimeter begrenzt.

Die Dicke des Stehbleches muß im gedrückten Gurte mindestens $^1/_{15}$ seiner freien Breite betragen, wenn sich dasselbe am nicht vernieteten Rande nicht fälteln soll.

Bei dieser Construction hat man den Nachtheil, daß die Verschwächung des gezogenen Gurtes durch den Strebenbefestigungsniet einen gewissen Streifen Blech auf die ganze Trägerlänge nutzlos macht.

c) Um dies zu umgehen, wendet man statt der durchgehenden verticalen Stehrippe einzelne, an den Gurten in den Knotenpunkten angebrachte Hilfs- oder Anschlußplatten zur Befestigung der Streben an (Fig. 36a und 36b). Hierbei stellt sich jedoch für den Untergurt, bei unzweckmäßiger Gurtform, wieder der Nachtheil der Wassersäcke ein.

d) Wenn die Streben und Verticalständer nicht angenietet, sondern mittelst Bolzen drehbar mit den Gurten verbunden sind, so läßt man im gezogenen Gurte gleich einen Streifen von der Breite dieses Bolzens aus und construirt den unteren Gurt aus einzelnen getrennten, übereinander befindlichen Flacheisen (Fig. 24 und 68b, sowie Fig. 37).

e) Weniger zweckmäßig ist es, die einzelnen Flacheisen des Untergurtes horizontal übereinander, wie in Fig. 38b anzuordnen, da hierdurch die rationelle Verbindung der Verticalständer mit den Gurten erschwert wird.

f) Während der gezogene Gurt gar keine Steifigkeit zu haben braucht und als Kette construirt werden kann, muß der gedrückte, hauptsächlich bei großer Fachlänge, steif gegen das Ausknicken gemacht werden. Die Trägheitsmomente seines Querschnittes in Beziehung auf zwei senkrecht zu einander stehende Schweraxen sollen gleich sein und insofern ist die von den Engländern manchmal angewendete cylindrische Röhrenform theoretisch am vortheilhaftesten (Fig. 39). Vom praktischen Gesichtspunkte jedoch bietet sie den Nachtheil unbequemer Herstellung und schwieriger Beaufsichtigung.

g) Empfehlenswerther ist daher die ebenfalls von den Engländern angewendete Form (Fig. 40), wo der Querschnitt des gedrückten Gurtes ein Kreisstück bildet.

h) Besonders rationell und oft angewendet ist die Kreuzform (Fig. 36a und 41).

i) Wo letztere, wie bei sehr großen Spannweiten, nicht mehr ausreicht, wendet man am besten kastenförmige, jedoch wenigstens nach einer Seite offene Formen an (Fig. 38a, 42—44).

k) Bei englischen Brücken findet man auch ganz geschlossene, kastenförmige Gurte (Boxgirders), Fig.

45 und 62. Dieselben sind jedoch wegen der schwierigen Besichtigung nicht zu empfehlen.

l) Schwedler wendet für den gedrückten sowohl als für den gezogenen Gurt Formen, wie die Fig. 46—48 und 65 angeben, an und erzielt hierdurch folgende Vortheile: 1) Die Anwendung von lauter Façoneisen ermöglicht die Ausnutzung ihrer bedeutenden Fabrikationslänge, wodurch die Anzahl der Stöße in den Gurten vermindert wird; 2) die Reduction der Fugenlängensumme im Querschnitte rechtfertigt die Voraussetzung, daß die Inanspruchnahme des letzteren sich gleichmäßiger auf die einzelnen Theile vertheilt.

m) Andere mehr oder weniger in die oben aufgezählten Kategorien passende Gurtformen zeigen die Fig. 49—52.

n) Bei außergewöhnlich großen Spannweiten der Brücke hat man auch die gedrückten Gurte beider Hauptträger zu einem, beiden gemeinschaftlichen, röhrenförmigen Gurte vereinigt. Beispiele: Royal-Albert-Brücke, Chepstowbrücke.

o) Der gedrückte Gurt wird auch aus Gußeisen construirt, wie z. B. bei den Schifffornʼschen und manchen amerikanischen Brücken. Die Verschiedenheit jedoch, welche hierdurch in die Constructionstheile hineingebracht wird, kann nicht von Vortheil sein.

2. Die Streben. (Taf. 14.)

Die gezogenen Diagonalen werden meist aus Flacheisen hergestellt. Manchmal jedoch, um der Wandconstruction eine größere Steifigkeit zu geben, macht man dieselben conform mit den gedrückten Streben, d. h. mit steifem Profile. Jedenfalls sind bei der Querschnittsbestimmung die Rietlöcher in Abzug zu bringen.

Die gedrückten Streben können, ohne Zuhilfenahme von theoretisch nutzlosen Verticalständern, blos bei kleinen Brücken aus Flacheisen bestehen und müssen dieselben dann an allen Ueberkreuzungsstellen mit den gezogenen Diagonalen vernietet werden. Die Entfernung dieser Kreuzungsstellen voneinander, in der Richtung der gedrückten Strebe gemessen, soll nicht mehr als höchstens die 24fache Dicke des verwendeten Flacheisens betragen, da im entgegengesetzten Falle ein Ausknicken der gedrückten Streben aus der Ebene des Gitters eintritt.

Bei größeren Brücken und bei großmaschigem Fachwerk erhalten die Druckstreben ein steifes Profil. Bei nur einzelnen der neueren Brücken gehen dieselben auf ihrer ganzen Länge frei durch; meist werden die gedrückten Streben mit den gezogenen an den Kreuzungsstellen vernietet, wodurch freilich die theoretische Reinheit der Construction leidet, insofern Verhältnisse und Beziehungen geschaffen werden, die bei der Berechnung nicht vorausgesetzt wurden. Die Vernietungsstellen sind in Bezug auf das Ausknicken des gedrückten Stabes in der Gitterebene als feste Punkte anzusehen.

Die ausgeführten steifen Formen der Druckstreben sind folgende:

a) Einfache ∟Eisen reichen blos bei kleineren Brücken aus.

b) Einfache ⊥Eisen (Fig. 53, Taf. 14). Werden die Streben an den Kreuzungsstellen mit den gezogenen nicht vernietet, so müssen die Trägheitsmomente des Querschnittes in Bezug auf seine 2 senkrecht zu einander stehenden Schweraxen XX und YY gleich sein. Doch ist es nicht räthlich, hierbei $h > b$ anzunehmen, einestheils wegen der Schwierigkeit des Walzens, anderntheils aber auch, weil dann die Angriffsstelle des Strebendruckes zu excentrisch zu liegen käme und der Schenkel b, wenigstens in der Nähe der Gurte, mehr Inanspruchnahme pro Querschnittseinheit als der Schenkel h bekäme. Muß bei der Befolgung der oben ausgesprochenen Regel für die Trägheitsmomente h sehr groß genommen werden, so ist dann besser auch $b = h$ zu machen, d. h. b übermäßig stark zu nehmen.

Wird die gedrückte Strebe jedoch, durch Vernietung an den Kreuzungsstellen in n Theile getheilt, so muß (wie sich dies aus der Knickfestigkeitsformel leicht herleiten läßt) bei gleicher Gefahr für das Ausknicken in und aus der Gitterebene das Trägheitsmoment in Beziehung auf die Axe XX sich zu dem Trägheitsmomente in Beziehung auf die Axe YY wie 1 zu n^2 verhalten, wobei das größere Moment stets für die in der Gitterebene liegende Axe gilt.

Reichen einfache ⊥Eisen nicht aus, so nietet man an dieselben noch Platten an (Fig. 54). Dies ist jedoch wegen der Vergrößerung der Fugenlänge im Querschnitte, die bei gedrückten Theilen stets zu vermeiden ist, nicht zu empfehlen. Ebensowenig ist es räthlich, wie in Fig. 55, zwei zusammengenietete Winkeleisen anstatt eines ⊥Eisens zu nehmen. Nur bei der Anordnung wie in Fig. 56 erhält man den Vortheil einer centralen Angriffsweise des Druckes.

c) Die Excentricität des Druckangriffes wird bei Anwendung von ⊔Eisen (Fig. 57) geringer, da hier die, senkrecht zur Gitterebene herausragenden Schenkel, bei gleicher Knickfestigkeit des Stabes nicht so lang wie der eine Schenkel beim ⊥Eisen zu sein brauchen. In Bezug auf die beiden Trägheitsmomente Θ_{xx} und Θ_{yy} gilt das sub b) Gesagte.

d) Noch zweckmäßiger, weil symmetrischer, ist die aus 2 ⊥Eisen gebildete Kreuzform (Fig. 58 a). Die Trägheitsmomente Θ_{xx} und Θ_{yy} müssen sich wie $1 : n^2$ verhalten. Weniger zweckmäßig ist es, diese Form aus 4 Winkeleisen zu bilden. Reichen 2 ⊥Eisen nicht aus, so

werden bei größeren Dimensionen Platten wie in Fig. 59 zu Hilfe genommen.

e) Oberingenieur Ruppert wendet für die gedrückten Streben ⊼ Eisen oder sogenannte Ruppert'sche Stäbe an (Fig. 60, Taf. 15). Die Verschiedenheit in den Profilsorten der letzteren wird leicht durch Näher- oder Entfernterstellen der Walzen bewirkt, wobei die entstehenden Profile nicht ähnlich bleiben.

f) Bei stark gedrückten Streben wendet man das zusammengesetzte I Profil an, in Bezug auf dessen beide Trägheitsmomente wiederum der sub b) ausgesprochene Satz gilt. Dieses Profil wird gebildet:

1) aus 4 Winkeleisen, respective 2 ⊥ Eisen mit einem dieselben verbindenden Gitterwerke aus Flacheisen, Fig. 58b und c (vergleiche auch Fig. 12, 24, 27),
2) aus 4 Winkeleisen mit 2 Stehblechen und eventuell auch Kopfplatten (Fig. 61a u. b, Taf. 15). Die Verbindung geschieht entweder auch hier durch Gitterwerk, oder durch einzelne, über die Länge der Strebe gleichmäßig vertheilte, kürzere Blechplatten (Fig. 62, Taf. 14),
3) wie ein vollständiger Blechträger aus 2 Gurten und einer durchgehenden Blechwand (Fig. 1, Taf. 11). Dieses Profil erhalten gewöhnlich nur die am stärksten gedrückten, den Widerlagern zunächst befindlichen Streben.

g) Ein anderes steifes Profil besteht in der Hauptsache aus 2 starken parallelen schmiedeeisernen Platten, deren Verbindung entweder durch angenietete kleine, nicht mit in Rechnung zu ziehende Winkeleisen und ein dazwischenliegendes Gitter, Fig. 63, Taf. 15 (diese Figur zeigt den Querschnitt einer Strebenkreuzungsstelle; die kleinen Winkeleisen sind gekröpft, um die inneren gezogenen Flacheisen passiren zu lassen) gebildet wird, oder die mittelst Stehbolzen und Gitter, wie in Fig. 64a u. b (Taf. 14), zu einem Ganzen verbunden werden. Bei einigen Brücken ist das Gitter im letzteren Falle auch weggelassen, so daß der Zusammenhalt blos durch die Stehbolzen bewirkt wird. Die Stärke der bei dieser Construction angewendeten Platten ist ziemlich bedeutend, z. B. bei der Charing-Croß-Brücke 3 Zoll englisch.

3. Verbindung der Streben mit den Gittern.

a) Gewöhnlich geschieht diese Verbindung durch Annieten der Gitterstäbe entweder an die durchgehenden Stehrippen des Gurtes, oder an besondere Hilfs- oder Anschlußplatten. Letztere dienen hierbei für die Gurtungen zugleich als Stoßplatten (Fig. 1, 36b, 65 und 66). Sollen hierbei keine schädlichen Biegungsmomente entstehen, so muß man darauf achten, daß die Mittellinien der Streben sich in der Schwerlinie des Gurtes schneiden.

Der Querschnitt sämmtlicher zur Befestigung eines Gitterstabes dienenden Riete muß, bei einschnittiger Rietung gleich dem durch die Rietlöcher verschwächten Querschnitte des letzteren gleich sein. Reicht man hierbei mit dem Platze für die Anzahl der Riete nicht aus, so macht man die Riete doppelschnittig, indem man entweder die Strebe aus 2 Theilen bildet, wie in Fig. 36b, Taf. 14, oder indem man doppelte Stoßplatten wie in Fig. 65, Taf. 15 anwendet. Weniger zweckmäßig ist es, die Strebe mit einer Stoßplatte zu versehen und letztere zu kröpfen.

Soll die Inanspruchnahme der cylindrischen Rietlochlaibung auf Druck die Grenze von 1,5 A (wobei A = der Inanspruchnahme des Rieteisens auf Abscheeren gleich ist) nicht überschreiten, so muß, wie dies eine einfache Berechnung zeigt, bei einschnittiger Rietung der Durchmesser des Rietes der doppelten, bei zweischnittiger Rietung dagegen der einfachen Blechdicke gleich sein. Als Consequenz dieser Bemerkung ergiebt sich die Regel, daß bei zweischnittigem Anschluß der Streben die Stehrippen des Gurtes, resp. die Hilfs- oder Anschlußplatten doppelt so stark als bei einschnittigem Anschluß zu halten sind.

Bei manchen Brücken der oesterreichischen Südbahn ist die Kreuzung der Gitterstabaxen nicht in die Schwerpunktaxe der Gurtungen verlegt (Fig. 66a und b). Dafür sind aber an diesen Stellen Blechdreiecke eingelegt, welche eine solide Verbindung der Gitterstäbe mit den Gurten vermitteln und zugleich als Stoßplatten für die Gurte dienen.

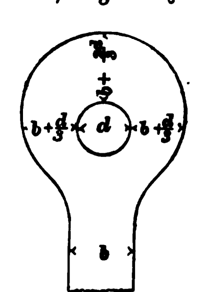
b) Bei manchen englischen Brücken sind die gezogenen Diagonalen an die Anschlußplatten mittelst Keile befestigt, um erstere leicht mit Spannung einsetzen zu können (Fig. 67a und b). Doch erfordert diese Construction eine gute Beaufsichtigung.

c) Das feste Annieten der Gitterstäbe bietet folgende Nachtheile. Bei Belastung der Brücke krümmen sich die Gurte, wobei die Gitterstäbe sich mitkrümmen müssen und eine erhöhte Inanspruchnahme erleiden. An verschiedenen Stellen der Träger tritt dieser Uebelstand mit verschiedener Intensität auf und hängt die Größe desselben auch von der Form der Träger ab. So sind z. B. die mit symmetrisch gekrümmten Gurten versehenen Träger in dieser Beziehung günstiger als die mit geraden parallelen Gurten.

Um das bei der Deformirung entstehende Biegungsmoment zu vermeiden, wendet man (am häufigsten bis jetzt in England) bei größeren Brücken drehbare Bolzenbefestigung der Gitterstäbe an die Gurte an (Fig. 68a bis c und 69a bis c, Taf. 15).

Die gezogenen Diagonalen erhalten ein Auge und werden, wenn sie dünn sind, um letzteres herum durch angenietete Platten verstärkt, damit sie sich in den Bolzen nicht einschneiden. Die für ein solches Auge anzunehmenden

Verhältnisse sind, wenn man gleiche Festigkeit nach allen Richtungen erzielen will, die beistehenden.



Auch die gedrückten Stäbe erhalten eine Verstärkung durch angenietete Platten (Fig. 59).

Ueber die schmiedeeisernen Drehbolzen sind Cylinder gezogen, die ein Anziehen der Mutter der ersteren und hierdurch ein festes Zusammenpressen sämmtlicher Constructionstheile im Knotenpunkte ermöglichen. (Fig. 69c.)

Die Berechnung der Drehbolzen muß entweder auf Abscheeren, oder auf Biegung geschehen, je nachdem die eine oder die andere Art der Inanspruchnahme einen größeren Durchmesser bedingt.

IV. Construction der Querverbände.

1) Der verticale Querverband ist zur Erhaltung der rechteckigen Querschnittsform des eisernen Oberbaues nothwendig, da durch excentrische Belastung, Winddruck u. s. w. ein Bestreben, diese Form in ein Parallelogramm überzuführen, erzeugt wird. Bei kleineren Brücken genügen zu diesem Zwecke schon die Querträger und ihre Verbreiterungen (Fig. 11, 19, 20, 25a, 26). Sind jedoch keine eigentlichen Querträger vorhanden, so müssen in Abständen, die das 12- bis 15-Fache der Breite der Hauptträgergurte nicht übersteigen, besondere Querverbindungen in Form von Andreaskreuzen aus Flacheisen (Fig. 16), Gitterwerk (Fig. 2), oder Gußeisen (Fig. 9) angeordnet werden.

Bei größeren Brücken und demnach auch höheren Trägern ist auf einen guten Verticalverband ganz besonders Werth zu legen. Befindet sich die Fahrbahn in der Mitte oder oben, so läßt sich bequem eine solide Verbindung der Hauptträger durch Andreaskreuze aus Flacheisen (Fig. 14), aus Façoneisen (Fig. 3), oder mittelst kastenförmiger Streben (Fig. 70, Taf. 15) herstellen.

Bei Fahrbahn unten richtet sich die Construction des verticalen Querverbandes nach dem über dem lichten Bahnraumprofil disponibelen Platze (Fig. 1 und 5) und muß, wenn das Normalprofil über die Oberkante der Hauptträger vorragt, Fig. 4 und 6 ganz weggelassen werden. Möglichster Ersatz wird dann durch übermäßig steife Verticalständer, hohe Querträger und durch besondere dreieckige Eckbleche, welche zur Erhaltung des rechten Winkels zwischen Haupt- und Querträger beitragen, geschaffen.

Auch sollen in diesem Falle die Hauptwände an den Zwischenpfeilern und Widerlagern gegen solide seitliche Absteifungen aus Eisen oder Stein gestützt werden.

2) Der horizontale Querverband ist zur Erhaltung der rechteckigen Grundrißform des eisernen Oberbaues nothwendig, da hauptsächlich in Folge des seitlichen Winddruckes, ein Bestreben erzeugt wird, dieselbe in eine gekrümmte Form überzuführen.

Dieser Querverband muß wie ein richtiges Fachwerk construirt werden, d. h. gedrückte Verticalen und gekreuzte gezogene Diagonalen erhalten. Die Knotenpunkte des horizontalen Fachwerkes müssen mit den Knotenpunkten der verticalen Hauptträger übereinstimmen und die Ebene des Verbandes soll möglichst mit der Schwerpunktsebene der Hauptgurte zusammenfallen. Die letzten Knotenpunkte des horizontalen Fachwerkes müssen möglichste Solidität besitzen, damit dieselben als Widerlager fungiren können. Falsch wäre es daher, den Horizontalverband blos über ein Stück der Brücke sich erstrecken zu lassen und denselben nicht bis zu den festen Lagerpunkten zu führen. Eben so unzweckmäßig wäre es aber, die letzten Knotenpunkte des Horizontalverbandes in dem Widerlagermauerwerk zu suchen, weil dann der eiserne Brückenoberbau nicht ein für sich unabhängiges Ganze sein würde.

Bei kleineren Brücken wird blos ein Horizontalverband angeordnet. Derselbe befindet sich entweder in der Ebene der Querträger (Fig. 25a), oder in einer der Gurtebenen (Fig. 19, 20, 28).

Bei größeren Brücken wird, wenn das Normalprofil es zuläßt (etwa von 6 Meter hohen Hauptträgern an), außer dem unteren, noch ein oberer Horizontalverband angebracht.

Bei 4 Meter langen Schwellenträgern, wenn dieselben nicht mit einem der Horizontalverbände vernietet werden können, muß noch ein besonderer Kreuzverband zwischen den ersteren angebracht werden.

Die Construction des Horizontalverbandes. Während im untern Kreuzverband die Querträger die Stelle der gedrückten Verticalen vertreten, müssen, wo solche nicht vorhanden, steife, gewalzte oder genietete Querstücke angeordet werden. Die gezogenen Diagonalen bestehen entweder aus Flach- oder Rundeisen und sind im ersten Falle gewöhnlich angenietet (Fig. 71 u. 73, Taf. 15), im letzten dagegen entweder mittelst Schrauben (Fig. 25a und b), oder Keilen (Fig. 72), zum Anspannen, befestigt.

Der Anschluß des Horizontalverbandes an die Haupt- und Querträger geschieht weniger gut durch directes Annieten an die Gurte der letzteren, da man bei dieser Construction mit der Nietenzahl beschränkt ist. Besser ist es, besondere Anschlußblechlappen (Fig. 71) anzuwenden, welche die Anbringung der ausreichenden Anzahl von Nieten zur Uebertragung der Kräfte gestatten. Besonders instructiv ist Fig. 73a und b, welche den Anschluß des möglichst in die Schwerpunktsebene des Gurtes verlegten

Horizontalverbandes durch Vermittelung von 3 Blechlappen zeigt. Jede gezogene Diagonale hängt sowohl mit dem Hauptträger-, als auch mit dem Querträgergurte durch 2 einfachschnittige Niete zusammen.

3) Bei einigen wenigen englischen Brücken findet man einen diagonalen Querverband, dessen Knotenpunkte abwechselnd in der unteren und der oberen Gurtung beider Hauptträger liegen. Doch ist dieser wegen der Unbequemlichkeit der Construction sowohl, als auch wegen der Unbestimmtheit seiner Wirkungsweise nicht zu empfehlen.

V. Lagerung der Hauptträger. (Taf. 16.)

1) Feste Lager.

Bei kleineren Brücken liegen die Hauptträger mit ihren beiden Enden in festen Lagern. Diese bestehen aus einem Gußstücke, in der Hauptsache einer Platte, die entweder auf einer schwachen Bleilage, oder auf einer Cementschicht aufliegt und durch Steinschrauben von 2 bis 3 Centimeter Bolzendicke mit dem darunter befindlichen Mauerwerke verbunden ist. Die directe Auflagerung der Lagerplatten auf Stein ist wegen der mangelhaften Druckvertheilung nicht zweckmäßig. Die Lagerplatten werden auch statt auf Stein auf hölzerne Schwellen aufgeschraubt.

Die Form der festen Lager ist sehr verschieden und richtet sich sowohl nach dem vorhandenen Raume, als auch nach der manchmal gegebenen Höhendifferenz zwischen Pfeilerober- und Trägerunterkante (Fig. 74—78). Die Auflagerungsfläche des Trägers wird entweder glatt gehalten (Fig. 74), in welchem Falle man an das Ende des Untergurtes eine besondere Platte befestigen und in diese die Niet- oder Schraubenköpfe versenken muß, oder das Lager wird mit halbcylindrischen Rinnen versehen, in welchen die vorragenden Nietköpfe Platz finden (Fig. 75).

Die Dimensionen des Lagers sind durch den darauf kommenden Druck des vollbelasteten Trägers und die Druckfestigkeit des stützenden Mauerwerkes bedingt. Die untere Lagerfläche muß so groß sein, daß pro Quadrat-Centimeter des Quaders nicht mehr als die zulässige Inanspruchnahme kommt.

Die Dicke der Platte unmittelbar unter den Trägern muß wenigstens 2,5 Centimeter betragen.

Die Länge des Lagers ist möglichst zu reduciren, weil sonst bei der Belastung des Trägers, in Folge der Einsenkung des letzteren, der Druck sich blos auf die der inneren Kante a (Fig. 74) nächstliegenden Flächentheile concentrirt und der übrige Plattentheil wirkungslos bleibt.

Um diesen Uebelstand zu vermeiden, sind auf der Kaiserin-Elisabeth-Bahn sogenannte elastische Auflager*) (Fig. 78) angewendet worden. Diese bestehen aus einer unteren gußeisernen Platte, welche mit Cement untergossen und auf dem Steine befestigt ist, aus den Gußstahlfedern (flachen Stücken) und aus der oberen Platte, welche mit dem Tragbalken fest verschraubt ist. Die Federn werden durch Flacheisenstücke, in welchen sich ovale Löcher (wegen der Biegung der Federn) befinden, niedergehalten. Die Leisten der oberen Platte drücken auf die Federn in der Mitte ihrer freien Längen, welche letztere im Auflager gegen die Brückenöffnung zu verringert sind, damit bei der belasteten Brücke der Widerstand der Federn dort größer sei, wo der größte Druck stattfindet, und hierdurch der Druck sich gleichmäßiger über die ganze Auflagerplatte vertheile. Ein ferneres Mittel, die Innenkanten der Auflager weniger zu belasten, besteht darin, daß die Ansätze, welche auf die Federn drücken, nicht ganz parallel mit den Federn gemacht werden, so zwar, daß im unbelasteten Zustande der Tragbalken nur auf dem rückwärtigen Theile des Auflagers ruht und erst bei der Belastung die obere Platte mit allen Ansätzen auf die Feder wirkt.

In neuerer Zeit erreicht man den Zweck der gleichmäßigen Druckvertheilung einfacher durch sogenannte Kipplager (vergleiche Fig. 82), bei denen der den Druck ausübende Theil aus einer halbcylindrischen Pfanne, die an den Untergurt des Trägers angeschraubt wird, besteht, während der den Druck empfangende Theil des Lagers durch einen halbcylindrischen Zapfen gebildet wird. Hierbei bleibt der Druck der Brücke auch bei einer geringen Einbiegung der Träger lothrecht.

Um das Montiren des Lagers zu erleichtern, wird die untere Platte desselben, wie Fig. 77 zeigt, aus 2 Theilen gebildet und der obere Theil in dem unteren durch Keile verstellbar gemacht.

Da, hauptsächlich bei continuirlichen Trägern, außerordentlich viel auf die richtige Höhenlage der Stützpunkte ankommt, so ordnet man, ähnlich wie dies Fig. 81 für bewegliche Lager zeigt, auch die festen Lager zum Justiren mittelst Keilen an. Werden diese Keile nicht durch besondere Vorrichtungen, z. B. Schraubenklemmungen, in ihren Lagen festgehalten, so darf man die Neigung der Keilflächen nicht größer als den Reibungswinkel von Eisen auf Eisen, d. h. (bei Berücksichtigung der fettigen Schmiere) circa zu 4° annehmen.

2) Bewegliche Lager.

Bewegliche Lager werden erst bei einer größeren Spannweite (etwa von 30 Meter an) nöthig, um die Ausdehnung der Träger zu compensiren. Diese Ausdehnung hat eine doppelte Ursache.

*) Allgemeine Bauzeitung 1861, Seite 168.

Die hauptsächlichste ist die Temperaturdifferenz. Bezeichnet μ den Ausdehnungscoefficienten für Schmiedeeisen, L die theoretische Weite einer Brückenöffnung und t^0 die Temperaturdifferenz, so ist bekanntlich die Verlängerung λ des Trägers

$$\lambda = \mu L t.$$

Ein zweiter Grund der Verlängerung des unteren Gurtes liegt in der durch die Betriebsbelastung der Brücke hervorgerufenen Deformation des Trägers, insofern blos die neutrale Axe des letzteren ihre ursprüngliche Länge beibehält, jedes Ende des Untergurtes dagegen sich um das Stück $\lambda' = \frac{h}{2} \tan\alpha$ verschiebt. Der Einbiegungswinkel α hängt bekanntlich von der Belastung des Balkens ab. Bezeichnet man nämlich die Betriebslast pro laufende Längeneinheit des Trägers mit k, so ist

$$\tan\alpha = \frac{k L^3}{24 E \Theta},$$

worin E = dem Elasticitätsmodul des Trägermateriales und Θ = dem Trägheitsmomente des Balkenquerschnittes.

Die gesammte Verrückung des Trägerendes ist daher:

$$\lambda + \lambda' = \left(\mu t + \frac{h k L^2}{48 E \Theta}\right) L. \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

Nun läßt sich aber das als constant vorausgesetzte Trägheitsmoment des Balkenquerschnittes, wenn der Querschnitt jedes Gurtes mit ω bezeichnet wird, auch wie folgt, schreiben:

$$\Theta = \frac{1}{2} \omega h^2.$$

Der Gurtquerschnitt ω hängt hierbei von dem größten, in der Mitte des Trägers vorkommenden, vom Eigengewichte p und der Betriebslast k hervorgerufenen Biegungsmomente $\frac{1}{8}(p+k)L^2$ ab, und zwar ist, wenn man mit $\mathfrak{A}$ die zulässige Inanspruchnahme des Materiales bezeichnet:

$$\omega = \frac{(p+k) L^2}{8 \mathfrak{A} h}.$$

Setzt man diesen Ausdruck in den für Θ und dann letzteren in Gleichung (a) ein, so heißt es nunmehr:

$$\lambda + \lambda' = \left[\mu t + \frac{k}{3(p+k)} \cdot \frac{\mathfrak{A}}{E}\right] L. \quad . \quad . \quad (b)$$

Führt man endlich hierin als Eigengewicht der eingeleisigen Eisenbahnbrücke pro laufenden Meter eines Trägers in Kilogrammen

$$p = 15 L + 275^{*}),$$

und als Betriebslast im Mittel k = 1750 Kilogr. pro laufenden Meter eines Trägers, somit

*) Vergl. Schmidt: „Allg. Bauzeitung 1866, Seite 43."

$$\frac{k}{3(p+k)} = \frac{1750}{3(15L + 2025)}$$

ein, so folgt in Metern ausgedrückt:

$$\lambda + \lambda' = \left(\mu t + \frac{583}{15 L + 2025} \cdot \frac{\mathfrak{A}}{E}\right) L \text{ Meter}, \quad . \quad (c)$$

z. B. für Schmiedeeisen, also

$\mu = 0{,}00001182$, $\mathfrak{A} = 700$ Kil. pro Qu.-Centimeter,
E = 2000000 Kilogr. pr. Qu.-Centim., L = 100 Meter
und t = 40° Réaum.,

erhält man als Gesammtverschiebung des Brückenendes:

$$\lambda + \lambda' = 0{,}047 \text{ Met.} + 0{,}006 \text{ Met.} = 5{,}3 \text{ Centimeter}.$$

Es sind folgende Constructionsformen von beweglichen Lagern ausgeführt worden:

a) Gleitlager kommen nur selten (bei einigen französischen Brücken) vor und sehen den beschriebenen festen Plattenlagern ähnlich. Die Trägerenden gleiten auf einer mit Oel beschmierten Platte, die daher stets in fettigem Zustande erhalten werden muß, weil sonst das Gleiten erst bei höherer Temperatur eintritt.

b) Besser und häufiger angewendet sind die Walzenlager. An den Untergurt des Trägers wird eine gut abgehobelte Platte geschraubt (die Schraubenköpfe versenkt), mittelst welcher derselbe auf einem Satze (gußeiserner oder gußstählerner) Rollen oder Walzen ruht.

Bei einigen ausgeführten derartigen Lagern sind die mittelst eines gemeinschaftlichen Rahmens verbundenen Walzen in Kasten eingelegt (Fig. 79); da jedoch letztere leicht zur Bildung von Wassersäcken Veranlassung geben (wenn man dieselben nicht mit besonderen Schutzblechen versieht, so legt man besser die Walzen frei auf die gußeiserne Unterlagsplatte auf (Fig. 80), was den Vortheil der bequemen Besichtigung gewährt.

Die Berechnung der Walzendimensionen geschieht unter der Annahme, daß eine gußeiserne Walze pro Quadratcentimeter ihrer Horizontalprojection 20 bis 24 Kilogr. tragen kann.*) Bei Gußstahl kann man etwa das $1^1/_2$fache nehmen. Demnach würde z. B. eine gußeiserne Walze von 15 Centim. Durchmesser und 50 Centim. Länge einen Druck von etwa 20.15.50 = 15000 Kilogr. erhalten können.

Der Durchmesser der Walzen hängt demnach sowohl von ihrer Anzahl, als auch von ihrer Länge ab. Letztere muß sich nach der Größe der Unterlagsplatte richten und

*) Vergl. Entwickelung einer theoretischen Formel zur Berechnung gedrückter runder Körper in Dr. Winkler's „Lehre der Elasticität und Festigkeit, 1. Theil, Seite 45".

die Fläche dieser ist ihrerseits von dem Drucke der belasteten Brücke und der Festigkeit des unter der Platte befindlichen Quaders abhängig. Man wird daher am besten erst die Größe der Unterlagsplatte, dann die Länge der Walzen und schließlich unter Annahme eines zweckmäßigen Durchmessers die Anzahl der letzteren bestimmen.

Annäherungsweise kann man bei gußeisernen Walzen den Durchmesser

$$d \text{ Centim.} = 12 \text{ Centim.} + 0{,}1\, L,$$

worin L die Spannweite der Brücke in Metern bedeutet, setzen. Doch geht man mit dem Durchmesser der Vollwalzen nicht über 22 Centimeter und gießt die noch stärkeren Walzen hohl (Fig. 81). Die Dicke der Unterlagsplatte wird zu $0{,}6\, d$ angenommen, während die der oberen Platte $= 0{,}5\, d$ bei Gußeisen und $0{,}35\, d$ bei Schmiedeeisen gemacht werden kann.

c) Auch die beweglichen Lager werden, hauptsächlich bei continuirlichen Trägern zum Justiren eingerichtet. Dies geschieht entweder mittelst Schrauben (Fig. 80) oder durch Keile (Fig. 81), welche letztere durch schwere Hämmer eingetrieben werden. Natürlicherweise muß die obere Lagerplatte unter den Keilen stärker gehalten werden. Die Berechnung geschieht für die ungünstigste Stellung der Rollen, wenn der Keildruck gerade auf die Mitte der freitragenden Plattenlänge wirkt.

d) Ebenso wie bei den festen muß man auch bei den beweglichen Lagern die Lagerfläche möglichst zu reduciren suchen, da sonst bei Belastung und Einsenkung des Trägers der Druck sich blos auf die der inneren Lagerkante zunächst liegenden Walzen concentriren und dieselben leicht überlasten könnte. Um diesen Uebelstand abzuwenden, werden daher auch Kipplager mit Walzen (Fig. 82) angewendet, bei denen der Druck sich stets gleichmäßig über sämmtliche Walzen vertheilt. Die Berechnung der oberen, mit dem vollen oder hohlen Halbzapfen versehenen Lagerplatte ist unter der Voraussetzung zu führen, daß dieselbe in der Mitte horizontal eingemauert und von unten nach oben mit den einander gleichen Walzendrücken belastet wird. Die ausgeführten Formen dieser Platten nähern sich den Körperformen gleichen Widerstandes für die erwähnte Belastungsweise.

e) Wird der nothwendige Durchmesser der Walzen zu groß, so giebt man denselben nicht mehr vollen Kreisquerschnitt, sondern schneidet an jeder Seite ein Stück ab und construirt Halbwalzen (auch Stelzen oder Pendel genannt). Letztere gehen entweder mit constantem Querschnitte durch, oder sie erhalten blos stellenweise Verstärkungen durch Rippen (Fig. 83 b und c).

Bei verhältnißmäßig großem Halbmesser braucht die Breite der Stelzen nur so groß zu sein, daß der Angriffspunkt des Druckes bei der schiefsten Stellung der Pendel nicht aus dem mittleren Dritttheile der Breite heraustritt.

Die Entfernung der einzelnen Stelzen ist ebenfalls durch den nöthigen Raum für die schiefste Lage derselben gegeben.

Werden die Stelzen hoch, so wendet man zur Führung derselben entweder 2 Rahmen an, oder läßt den Rahmen ganz weg und versieht die Stelzen oben und unten mit Nasen, die in entsprechende Lücken der unteren und der oberen Lagerplatte eingreifen (Fig. 83a und c).

f) Ebenso wie für Walzen werden auch Stelzenkipplager construirt. Hierbei erhält die obere, oft mit Rippen gegossene Lagerplatte entweder einen angegossenen Halbzapfen, ähnlich wie in Fig. 82, oder der Halbzapfen wird in Form einer convexen Stahlplatte in die obere Lagerplatte eingelegt (Fig. 83a, c und d) und hierauf ruht der Träger durch Vermittelung einer an letzteren befestigten ebenen verstählten Stützplatte (Fig. 83a und d).

Untersuchungen über die Verbrennung der Steinkohle.

Von

A. Scheurer-Kestner & Ch. Meunier, Civilingenieure in Mühlhausen.

(Fortsetzung.)

Zweiter Abschnitt.

Bestimmung der bei der Verbrennung der Steinkohle entwickelten Wärme. — Vergleichung zwischen der Zusammensetzung und dem Heizeffect.

Die Verbrennungswärme der Steinkohle (ihr absoluter Heizeffect) ist noch nicht ermittelt worden, woran die Schwierigkeiten Schuld sein mögen, welche theils die Verbrennung kleiner Quantitäten von einem Brennmaterial wie Steinkohle verursacht, theils der Auffindung einer die durchschnittliche Beschaffenheit der zu untersuchenden Steinkohlensorte darstellenden Probe entgegenstehen. Man hat sich daher mit den im Großen bei gewöhnlichen Dampfkesselfeuerungen, oder auch bei besonders hierzu eingerichteten Dampfkesseln (Johnson, Brix) erzielten Resultaten begnügt, d. h. man hat ermittelt, wieviel Wasser ein gewisses Brennmaterial bei einer gewissen Art von Feuerung (diejenige, welche bei den Versuchen angewendet wurde) pro Kilogramm zu verdampfen im Stande sei. Da aber diejenige Wärmemenge, welche theils durch Ausstralung an den freistehenden Wänden, theils durch anderweite bekannte oder nicht bekannte Ursachen verloren ging, nicht zu ermitteln war, so ließen diese Versuche die Frage noch unerledigt, ob die ganze Wärme ausgenützt, oder welcher Theil davon verloren worden sei, und ob durch Verbesserung der Heizapparate eine bessere Ausnutzung der Wärme zu erhoffen sei.

Professor Bolley in Zürich hat im Jahre 1865 in der Schweizerischen Polytechnischen Zeitschrift ein Calorimeter zur Untersuchung von Brennmaterialien beschrieben, dessen Angaben zwar möglicherweise genauer sein würden als diejenigen, welche man bis jetzt besaß, welches aber kaum zur Erreichung derjenigen Resultate geeignet sein dürfte, welche wir uns zur Aufgabe gestellt hatten. Uebrigens hat unseres Wissens Bolley nichts über die mit diesem Apparate erzielten Resultate veröffentlicht.

Da wir uns die Aufgabe gestellt hatten, die ganze Wärmemenge zu ermitteln, welche ein Brennmaterial bei vollkommener Verbrennung ohne allen Verlust ausgiebt, d. h. seine ganze Verbrennungswärme, so mußten wir auch Apparate anwenden, welche denjenigen ähnlich waren, die zur Verbrennung anderer Substanzen und zur Ermittelung ihrer Verbrennungswärme mit Erfolg angewendet worden waren. Ein derartiges, seinen Zweck vollkommen entsprechendes Calorimeter war dasjenige von Favre & Silbermann, sofern es gelang, die Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich der Verbrennung der Steinkohle entgegenstellen, und sofern es möglich war, Proben auszuwählen, welche die mittlere Beschaffenheit der Steinkohlensorte repräsentirten. *)

Nach Abänderung einiger Details an dem Calorimeter von Favre & Silbermann und durch Anwendung der im Nachstehenden näher angegebenen Vorsichtsmaaßregeln, ist es uns gelungen, Steinkohle in gepulvertem Zustande zu verbrennen. Was die Proben anlangt, so sind dieselben mit großer Sorgfalt und in einer Weise genommen worden, daß wir überzeugt sind, mit einem Material gearbeitet zu haben, welches dem bei Kesselfeuerungen verwendeten Brennmaterial vollkommen entspricht.

Es wurden nämlich die ungefähr 20000 Kilogramme wiegenden Steinkohlenhaufen ausgebreitet, nachdem die großen Stücke zerkleint waren, und von dieser, etwa 50 Quadratmeter bedeckenden Fläche wurden nun allerwärts kleine Stücken abgelesen. Diese Probe (etwa 100 Kil.) wurde gemahlen, das Mahlgut abermals flach ausgebreitet und durch

*) In dem ausgezeichneten Werke von Morin u. Tresca über die Dampfmaschine findet sich auf S. 142 folgende bezügliche Bemerkung: „Es wäre sehr wichtig, daß mit der Mehrzahl der in der Industrie zur Verwendung kommenden Brennmaterialien calorimetrische Versuche nach Art derjenigen von Favre und Silbermann angestellt würden", und weiter auf S. 193: „Uebrigens ist noch keine derartige Bestimmung mit den technischen Brennmaterialien angestellt worden, sodaß man sich genöthigt sieht, theoretische Berechnungen anzuwenden, während zuverläßige experimentelle Unterlagen Noth thäten."

zwei sich kreuzende Linien in vier Haufen getheilt, von denen zwei mit den Spitzen aneinanderstoßende Dreiecke weggenommen wurden. Dieses Manoeuvre wurde so lange wiederholt, bis nur noch einige Kilogramme Masse vorhanden waren, welche dann sorgfältig pulverisirt und abermals in der beschriebenen Weise getheilt wurden. Zuletzt blieb eine Probe von zweihundert Grammen übrig, welche in einem gut verschlossenen Fläschchen aufgehoben wurde.

Sollte nun zu einer Analyse oder calorimetrischen Probe verschritten werden, so wurde die aufgehobene Probe durch mehrfache Wiederholung des beschriebenen Theilungsverfahrens noch weiter reducirt. Hierbei wurden ca. 20 Gramme abgesondert, welche in eine verstöpselte Proberöhre geschüttet und darin tüchtig durchgeschüttelt wurden, und endlich ließ man, um keine Vorsichtsmaßregel zu versäumen, aus der Röhre ein völliges Stück des cylinderförmig auf dem Korke angehäuften Pulvers herausfallen, welches zur Probe benutzt wurde.

Wir haben auf diese Probenahme eine ganz besondere Wichtigkeit gelegt, um die Resultate der angestellten analytischen und calorimetrischen Untersuchungen mit denjenigen vergleichen zu können, welche wir bei der Heizung von Dampfkesseln erzielt haben, und welche im dritten Theile dieser Abhandlung vorgeführt werden sollen.*) Aber trotz der großen Sorgfalt bei der Entnahme der Probe haben wir bisweilen in den Proben etwas mehr oder weniger Asche gefunden, als die Versuche im Großen zeigten. Diese Differenzen rühren von kleinen Schieferstückchen her, die sich mehr oder weniger zahlreich in das Gemenge einschleichen und auf das Resultat keinen großen Einfluß ausüben können. Ist die Kohle nicht fein pulverisirt, so erhält man verschiedene Resultate bezüglich des Aschengehaltes, selber bei Proben aus derselben Flasche.

Uebrigens sind alle Resultate auf reine Kohle bezogen, nach Abzug der Feuchtigkeit und der Asche.

Die Bestimmung des Kohlenstoff- und Wasserstoffgehaltes ist dadurch geschehen, daß die Probe in einem Platinschälchen mittelst eines Sauerstoffstromes verbrannt wurde. Der Aschengehalt ergab sich aus dem Gewichte der Platinschale nach der Verbrennung. Den Stickstoffgehalt haben wir nur für die Kohle von Ronchamp ermittelt; für die Saarbrückener Kohle haben wir $^1/_2$ Procent in der rohen Kohle angenommen, wie es von Brix in seinem großen Werke über den Heizwerth der preußischen Steinkohlen angegeben ist. Uebrigens haben wir uns blos auf die Bestimmung des Gehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, festen Bestandtheilen und hygrometrischem Wasser beschränkt, da die übrigen Stoffe von wenig Werth sind. Der Unterschied zwischen der Summe der gefundenen Bestandtheile und dem Gewichte der ganzen Substanz ist als Sauerstoff angesehen worden.

*) Der Kohlenhaufen, von welchem die Proben entnommen wurden, wurde später bei den Heizversuchen verwendet, welche im 3. Theile besprochen werden sollen, sodaß dieselbe Steinkohle analysirt, im Calorimeter untersucht und unter dem Dampfkessel gebrannt wurde.

Das von uns benutzte Calorimeter ist dasjenige von Favre und Silbermann, beschrieben in den Annales de chimie et de physique, 3. série, 1852, t. XXXIV, p. 357, mit einigen auf die Verbrennung von Steinkohle berechneten Abänderungen. Es war von Salleron mit aller Sorgfalt und seiner bewährten Geschicklichkeit hergestellt, wofür wir ihm hier unsern Dank aussprechen.

Steinkohle ist ein Körper, der selbst im Sauerstoffstrome nur schwer zu verbrennen ist. Ist der Sauerstoffzufluß nur schwach, so löscht sie bald aus, ist derselbe dagegen zu stark, so ist die Verbrennung so außerordentlich lebhaft und die entwickelte Hitze so intensiv, daß sich Kohlenwasserstoffverbindungen in großen Mengen aus den neben den brennenden Theilchen befindlichen Partieen entwickeln, und sich nicht nur für die Ermittelung des Heizwerthes der sich entwickelnden Hydrocarburete große Schwierigkeiten ergeben, sondern auch ziemlich heftige Explosionen zeigen.*)

Nach verschiedenem Probiren fanden wir es am zweckmäßigsten:

1. nicht mehr als ein halbes Gramm der Substanz zu verbrennen;
2. an Stelle reinen Sauerstoffes ein Gemenge von 60 Proc. Sauerstoff und 40 Proc. Stickstoff zu verwenden;
3. den Gasstrom mit ziemlicher Geschwindigkeit zuzuführen, um eine lebhafte Verbrennung zu unterhalten;
4. an Stelle der von Favre und Silbermann angewendeten Patrone einen besonders für die Verbrennung pulverförmiger Substanzen eingerichteten und das Wägen der Asche ohne Verlust gestattenden Apparat zu benutzen, was mit Hilfe eines sehr empfindlichen Thermometers und des weiter unten beschriebenen Platingefäßes gelungen ist.

Beschreibung der Apparate. — Das Calorimeter von Favre und Silbermann, dessen vollständige Beschreibung und Zeichnung sich in den Annales de chimie et de physique an dem angegebenen Orte findet, besteht in der Hauptsache aus einem Blechcylinder a a (Fig. 7 auf Tafel 10), welcher 2 Kilogramme Wasser fassen kann, und ist mit einer doppelten Isolirschicht von Luft b und Wasser c umgeben. Das innerste Gefäß enthält eine Verbrennungsschale d von vergoldetem Kupferbleche, welche mit dem äußeren Raume durch zwei Röhren in Verbindung steht,

*) Bei einem unserer ersten Versuche verschob eine Explosion den Träger des Löthrohres und schleuderte ihn aus dem Apparate.

wovon die eine e Sauerstoff zuführt, während die andere f die Verbrennungsgase entweichen läßt, nachdem sie sich in einer Schlangenröhre genügend abgekühlt und die Temperatur des Wassers angenommen haben. Die Gase streichen nach ihrem Austritte aus dem Calorimeter durch verschiedene Röhren a, a (Fig. 6), welche die durch die Verbrennung entstandene Kohlensäure absorbiren, und eine rothglühende Röhre mit Kupferoxyd b, worin die brennbaren Gase in Wasser und Kohlensäure verändert werden. Beide Stoffe werden in den Röhren c c aufgefangen, um gewogen werden zu können.

Unser Calorimeter weicht von demjenigen von Favre und Silbermann etwas ab, da Letzteres zur Verbrennung von Steinkohle sich nicht eignet. Die Verbrennungsschale a (Fig. 8) ist aus Platin gefertigt und durch drei Platindrähte b, b an einer Röhre c befestigt, welche mit der unteren Oeffnung über der Mitte der Schale steht und sich mit dem oberen Ende leicht in dem düsenförmigen Ende des Sauerstoffgasrohres verschieben läßt, welches durch den Stopfen am obern Ende des Verbrennungsgefäßes hindurchgeht, sodaß dieser Gasstrom in die Mitte des auf der Schale liegenden Pulvers trifft.

Alle Fugen des Verbrennungsgefäßes wurden mit geschmolzenem Kautschuk gedichtet und vor jedem Versuche auf ihre Dichtheit untersucht. Die zu einer calorimetrischen Probe bestimmte Steinkohlenquantität wurde direct in der Schale gewogen; ebenso der Rückstand der Verbrennung.

Zum Anzünden diente ein Stückchen Holzkohle, was noch nicht 1 Milligramm wog und durch die Düsenöffnung eingeworfen wurde. Da wir nur eine sehr geringe Menge Steinkohle verwenden konnten, so war ein sehr empfindliches Thermometer erforderlich, damit die Beobachtungsfehler nicht mehr als einige Tausendtheil Grade betrügen. Gewöhnlich stieg die Temperatur des Wassers im Calorimeter nicht über 1 Grad des gewöhnlichen Thermometers, während sie um 8 bis 10° steigt, wenn man, wie Favre und Silbermann, 2 Gramme der Substanz verbrennt. Es waren somit die Gefahren von Irrthümern durch äußere Abkühlung oder Erwärmung geringer, aber es genügte auch andererseits ein gewöhnliches Thermometer nicht. Das von uns angewendete Thermometer war von Herrn Baudin, Verfertiger von meteorologischen Instrumenten in Paris (rue Saint-Jacques, 330) mit äußerster Sorgfalt angefertigt und hat in jeder Beziehung befriedigt. Es ist ein metastatisches Thermometer nach Wolferdin's Construction mit 63 Grammen Quecksilber. Jeder Grad ist 36 Millimeter lang und in 50 Theile getheilt, so daß man bequem Zehntel der Eintheilung und mithin $^1/_{500}$ Grade ablesen kann.

Kommen Ablesungsfehler gleicher Art bei den beiden Notirungen zu Anfange und zu Ende des Versuches vor, so betrüge also der mögliche Fehler doppelt so viel; da aber, wie wir sehen werden, die thermometrische Angabe nur zwei Drittel der ganzen Wärme der verbrannten Kohle ausmacht, so kann behauptet werden, daß die größten Fehler unter den ungünstigsten Umständen nur $^3/_{1000}$ Grad betragen werden.

Es wurde bereits erwähnt, daß zur Unterhaltung der Verbrennung ein sehr starker Gasstrom erforderlich gewesen sei. Daher erfolgte die Absorption der Kohlensäure durch Aetzkali nicht ganz befriedigend, wenn die Zahl der Liebig'schen Kugelapparate nicht vermehrt wurde, was den Widerstand der zu durchströmenden Flüssigkeitssäule vergrößert hätte. Es wurde deshalb Natronkalk (chaux sodée) angewendet, auf dessen Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure durch Mulder in der Zeitschrift für analyt. Chemie von Fresenius, Bd. I, S. 4, aufmerksam gemacht worden ist.

Die Absorption der Kohlensäure durch Natronkalk ist in der That eine so rasche, daß wir, ohne mehr als drei Uförmige Rohre anzuwenden, einen sehr starken Gasstrom hindurchführen konnten. Aus den nachstehenden Versuchen ergiebt sich, daß eine Röhre mit Natronkalk, welche auf eine andere derartige Röhre folgte, die bereits bis zu 100 Milligrammen Kohlensäure absorbirt hatte, nur noch einige Milligramme und mitunter gar nichts mehr aufnahm. Diese Versuche wurden in der Art angestellt, daß vor den drei Röhren mit Natronkalk ein Liebig'scher Kugelapparat angebracht wurde, welcher wie gewöhnlich mit Kalihydrat vom specifischen Gewicht 1,32 gefüllt war; es gingen ungefähr 8 Glasblasen pro Secunde hindurch.

	Röhren mit Natronkalk		
	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.
Absorbirte Kohlensäure	0,0968	0,0015	0,000
	0,1105	0,000	0,000
	0,2855	0,0052	0,000
	0,5442	0,0490	0,000
	0,0216	0,0012	0,000
	0,0243	0,0019	0,000
	0,7782	0,2314	0,0004
	0,0779	0,0003	0,000
	0,0118	0,000	0,000.

Das aus dem Calorimeter kommende Gas passirte einen Liebig'schen Kaliapparat und zwei Uförmige Röhren mit Natronkalk, da es sehr wichtig war, eine vollständige Absorption der Kohlensäure zu erzielen, bevor das Gas in die Röhre mit Kupferoxyd eintrat. Die in letzterer Röhre gebildete Kohlensäure wurde nämlich für sich in ebensolchen Absorptionsröhren aufgefangen und der Kohlenoxydgasgehalt aus dem Gewichte der aufgefangenen Kohlensäure berechnet.

Es ist uns nicht gelungen, die Steinkohle ganz vollständig zu verbrennen; es zeigten sich vielmehr nach jedem Versuche der Boden und die Wände der Kapsel mit einer

Schicht Cokes bedeckt. Daher mußte bei der Ermittelung des Heizeffectes des Brennmateriales der in Cokesgestalt übrig gebliebenen Kohlenstoffmenge Rechnung getragen werden, was in folgender Weise geschah. Wenn die Platinschale sammt Rohr aus der Verbrennungskammer genommen war, wurde sie gewogen, hierauf der Kohlenstoff an der Luft verbrannt und endlich durch nochmaliges Wägen sowohl das Gewicht des bei der Verbrennung verflüchtigten Kohlenstoffes, als dasjenige der Rückstände bestimmt.

Das Calorimeter sammt Zubehör enthielt:

							Aequivalent an Wasser.
Kupfer		1145,651 Gr.,	spec.	Wärme =	0,09515		109,008 Gramme,
Platin		21,810	"	"	"	0,0324	0,706 "
Thermometer	Eintauchendes Glas	12,000	"	"	"	0,198	2,400 "
	Quecksilber	63,00	"	"	"	0,033	2,070 "
Das Aequivalent des Apparates in Wasser ist also							114,184 Gramme,

wozu noch der Wasserinhalt von 2 Kilogrammen tritt, so daß im Ganzen 2114 Gramme Wasser zu rechnen sind.

Wegen der Temperatur der Umgebung war noch für die Aufnahme oder Abgabe von Wärme beim Apparate eine Correctur vorzunehmen, und da Favre und Silbermann nachgewiesen haben, daß für die Erwärmung derselbe Werth zu nehmen ist, wie für Abkühlung, so brauchte derselbe nur nach einer Richtung hin untersucht zu werden. Wir haben gefunden, daß der Einfluß 0,0020064 Grad pro Minute bei 1° Temperatur Differenz zwischen dem Bade des Calorimeters und der äußeren Umgebung beträgt, was sehr nahe mit der Ziffer übereinstimmt, welche Favre und Silbermann für einen ebenso eingerichteten Apparat erhalten hatten, nämlich 0,0020225°. Bei den Rechnungen ist hierfür 0,002° gesetzt worden; übrigens wird diese Correction wegen der von uns angewendeten geringen Mengen Brennmaterial sehr unbedeutend und wir haben uns bemüht, die Temperatur des Bades möglichst wenig abweichend von derjenigen der Umgebung herzustellen.

Wenn also die neuen Versuche einerseits wegen der geringeren Mengen der Proben weniger genau sein sollten, so dürfte dies dadurch großentheils aufgewogen werden, daß einmal ein viel genaueres Thermometer angewendet und zweitens die Fehler durch den Einfluß der äußeren Temperatur möglichst beseitigt wurden.

Bei der Ermittelung der Wärmeeinheiten, welche bei der Verbrennung der untersuchten Steinkohle entwickelt werden, war nun im Allgemeinen auf folgende Punkte zu achten:

1. das Gewicht der zu verbrennenden Kohlenprobe,
2. das Gewicht der nicht verbrannten Kohle, berechnet nach 8080 Calorieen pro Kilogramm,
3. das Gewicht des Rückstandes, welcher abgezogen wurde,
4. die Bestimmung der unverbrannt entweichenden Wasserstoffgasmenge, berechnet nach 34600 Calor. pr. Kilogr.,
5. die Bestimmung der unverbrannt entweichenden Menge an Kohlenoxydgas, berechnet nach 2403 Calorieen pro Kilogramm,
6. die Erhöhung der Temperatur des Wasserbades im Calorimeter,
7. die Correction wegen des Wärmeaustausches an die Umgebung.

Die Bildung von Kohlenwasserstoffen ist beinahe gänzlich vermieden worden, blos die Steinkohle von Ronchamp gab davon etwas (im Maximum 8 Calorieen auf 3000).

Bemerkenswerth ist die geringe Menge von Kohlenoxydgas, welche wir in unserm Verbrennungsapparate erhalten haben, gegenüber der Quantität, welche man beim Favre und Sibermann'schen Apparate erhält. Bei den Versuchen dieser Gelehrten mit Holzkohle oxydirten sich 7 bis 12 Procent des Kohlenstoffes in Kohlenoxydgas und ein gleiches Resultat haben auch meine Versuche mit diesem Apparate ergeben; bei dem neuen Apparate erhielt ich dagegen nur 2 bis 3 Procent.

Diese beträchtliche Menge von Kohlenoxyd scheint von der großen Abkühlungsfläche herzurühren, welche die Patrone (cartouche) der Kohlensäure im Moment ihrer Entstehung bietet, worin man einen neuen Beleg für die Dissociation der Gase bei hoher Temperatur erblickt. Bei dem Kapselapparate sind die Gase dagegen durch eine ziemlich beträchtliche Gasschicht geschützt, ehe sie das abkühlende Metall berühren.

Bevor wir die calorimetrische Untersuchung der Steinkohlen vornahmen, wurden mehrere Versuche mit Holzkohle angestellt, um eine Vergleichung mit den Versuchen von Favre und Silbermann zu gewinnen und sie zur Controle für unsere eigenen Versuche benutzen zu können. Hierüber giebt umstehende Tabelle Auskunft.

Unser Apparat hat hiernach einen etwas höheren Werth gegeben, als derjenige der Herren Favre u. Silbermann (8080), die Differenz beträgt aber nur 23 Calories oder 0,3 Procent. Die Versuche 1 und 2 sind mit der Platinpatrone von F. u. S. und unter Anwendung einer größeren Menge der Substanz angestellt worden; die beiden anderen aber mit unserer Schale mit Rohr.

Calorimetrische Versuche mit Holzkohle.

	Angewendete Menge nach Abzug der Asche.	Kohlenoxyd.	Wärmeeinheiten pro Gramm		
			beobacht.	ohne Kohlenoxyd.	incl. Kohlenoxyd.
1	0,9953	0,2930	8060,5	7575	8098
2	0,7225	0,0956	5850,5	7633	8097
3	0,3460	0,0220	2805,2	7890	8107
4	0,3820	0,0570	3098,0	7850	8110
			Mittelwerth der 4 Versuche:		8103.

Kohle von Ronchamp.

Erster Versuch. — Diese Probe, welche mir Herr Burnat im Jahre 1865 mitgetheilt hat, rührt von 20 Waggons Kohle her, und ist in der angegebenen Weise davon weggenommen worden, sodaß sie als Durchschnittsprobe angesehen werden kann.

Die Analyse ergab, nachdem die Kohle bei 125° getrocknet war, Folgendes:

Angewendete Menge.	Entstandenes Wasser.	Kohlensäure.	Rückstand.
0,163	0,070	0,456	0,024
0,557	0,219		0,086
0,467	0,186		
0,1157	0,046	0,325	
0,086	0,038	0,264	

4,038 Gramme gaben 3,0942 Gramme Coke.

2,0052 Gramme erzeugten 19,41 Cubikcentim. Stickstoff bei 0,723 Barom. und 19° Temperatur. Reducirtes Volumen: 17,60 Cubikcentimeter.

Hieraus ergiebt sich in Procenten:

Kohlenstoff	76,3	76,6	76,5		
Wasserstoff	4,5	4,6		4,37	4,42
Rückstand	15,0	15,05			
Stickstoff	1,09				
Sauerstoff	3,11				
	100,00,				

oder im Durchschnitt:

Kohlenstoff	76,46
Wasserstoff	4,39
Rückstand	15,02
Stickstoff	1,09
Sauerstoff	3,05
	100,00.
Coke	76,62
Flüchtige Bestandtheile	23,38
	100,00.

Daher weiter

Fester Kohlenstoff	72,57	
Kohlenstoff in den Kohlenwasserstoffen	17,39	27,43.
Wasserstoff	5,09	
Stickstoff	1,28	
Sauerstoff	3,67	

Zusammensetzung der flüchtigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	63,41
Wasserstoff	18,58
Sauerstoff	13,12
Stickstoff	4,89
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantum.	Asche.		Analyse.	Wärmeeinheiten pr. Gramm Kohle.		
	Gewicht.	Procent.		beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,3693	0,048	13,0	C 0,0673; CO 0,025; H 0,000	2926,4	7921	9106
0,4065	0,0513	12,6	C 0,1029; CO 0,028; H 0,000	3236	7961	9111

Die Steinkohle enthielt noch 0,58 % hygrometrisches Wasser.
Mittlere Verbrennungswärme der rohen Steinkohle 7976,
desgl. nach Abzug der Asche 9163.

Zweiter Versuch. — Die Probe war nach der angegebenen Methode aus 10000 Kilogrammen Steinkohle gewonnen. Die Analyse ergab:

Angewendete Menge.	Wasser.	Kohlensäure.	Rückstände.
0,1714	0,0664	0,4291	0,0203
0,1729	0,0667	0,435	0,0208
0,364	0,142	0,916	0,0208
0,7437	0,2708		0,0204
0,5738	0,214		

3,346 Gramme gaben 2,659 Gramme Coke.

2,073 Gramme erzeugten 24,6 Cubikcentim. Stickstoff bei 12° und 0,725 Meter Barom. Reducirtes Volumen: 22,2 Cubikcentimeter.

					Mittel.
Kohlenstoff	68,3	68,7	68,6		68,65
Wasserstoff	4,0	4,1	3,9	3,95	3,97
Asche	20,3	20,8	20,4		20,80
Stickstoff	1,0				1,06
Sauerstoff	5,7				4,75
Wasser	0,7				0,77
	100,0				100,00

Coke	79,4
Flüchtige Bestandtheile	20,6
	100,0.

Kohlenstoff, fester	74,74	
„ an Wasserstoff gebunden	12,75	25,26
Wasserstoff	5,10	
Stickstoff	1,35	
Sauerstoff	6,06	
	100,00.	

Zusammensetzung der flüchtigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	50,49
Wasserstoff	20,19
Sauerstoff	23,98
Stickstoff	5,34
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantum.	Asche.		Analyse.		Wärmeeinheiten pro Gramm.		
	Gewicht.	Procente.			beobacht.	brutto.	ohne Asche.
0,383	0,0477	12,49	C CO H	0,090 0,036 0,000	2991	7809	8921
0,4305	0,0719	16,74	C CO H	0,1495 0,082 0,00027	3191	7412	8898
0,3523	0,0519	14,74	C CO H	0,0556 0,0358 0,00017	2663	7559	8865.

Die Steinkohle enthielt 0,61 Procent hygrometrisches Wasser.
Mittlere Verbrennungswärme der Steinkohle, roh 7635,
desgl. „ ohne Asche 8946.

Dritter Versuch. — Die Probe war im Mai 1868 aus 30000 Kilogrammen Steinkohle entnommen.

Analyse derselben:

Menge,	Wasser,	Kohlensäure,	Asche.
0,578	0,207	1,616	0,684

Kohlenstoff	76,23
Wasserstoff	4,06
Asche	12,80
Stickstoff	1,00
Sauerstoff	5,91
	100,00.

Coke	75,10
Flüchtige Bestandtheile	24,90
	100,00.

Kohlenstoff, fester	71,44	87,43
„ an Wasserstoff gebunden	15,99	
Wasserstoff	4,56	
Stickstoff	1,14	
Sauerstoff	6,87	

Zusammensetzung der flüchtigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	55,98
Wasserstoff	16,28
Sauerstoff	23,74
Stickstoff	4,00
	100,00.

Kohlenstoff, fester	81,70
„ an Wasserstoff gebunden	18,30
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantum.	Asche.		Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm.		
	Gewicht.	Procent.		beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,3187	0,041	12,84	C 0,0362 CO 0,0392 H 0,05019	2502,6	7852	9008
0,4265	0,0579	13,57	C 0,0558 CO 0,058 H 0,00007	3331,08	7799	9036.

Die Steinkohle enthielt 0,66 Procent hygrometrisches Wasser.
Mittlere Verbrennungswärme, brutto 7825
" " ohne Asche 9081.

Vierter Versuch. — Durchschnittsprobe aus 10000 Kilogrammen Steinkohle vom Juni 1868.

0,475 Gramme gaben 0,1472 Wasser und 1,280 Kohlensäure. 2,746 Gr. verloren bei 120° 0,030 hygroskopisches Wasser, 1,3866 Gr. hinterließen 0,0862 Asche.

Kohlenstoff	73,10
Wasserstoff	3,75
Asche	16,19
Stickstoff	1,00
Sauerstoff	4,87
Wasser	1,09
	100,00.

Kohlenstoff, in festem Zustande	71,58	88,38
" an Wasserstoff gebunden	16,80	
Wasserstoff	4,42	
Stickstoff	1,20	
Sauerstoff	6,00	
	100,00.	

Zusammensetzung der flüchtigen Bestandtheile:	
Kohlenstoff	59,10
Wasserstoff	15,47
Sauerstoff	24,18
Stickstoff	4,25
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantum.	Asche.		Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm.		
	Gewicht.	Procent.		beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,3868	0,053	13,72	C 0,0803 CO 0,032 H 0,000	3010	7775	9018

Verbrennungswärme, brutto gerechnet 7775,
" ohne Asche 9117.

Resumé über die Kohle von Ronchamp. — Die voraufgeführten Versuche haben ergeben:

Nr. 1	8946	Calorieen,
2	9081	"
3	9117	"
4	9163	"
Mittel	9077	Calorieen.

Letztere Zahl giebt also die Verbrennungswärme dieser Kohle (wenn Asche und Feuchtigkeit abgezogen werden).

Die Vergleichung der Analysen dieser Kohlenproben mit ihrer Verbrennungswärme gewährt einige interessante Folgerungen. Zunächst sehen wir, daß sämmtliche Proben eine höhere Verbrennungswärme gegeben haben, als die Rechnung erwarten ließ. Dieses Resultat ist nicht eben überraschend, da Berthelot gezeigt hat, daß das bei vielen organischen Substanzen der Fall sein kann. Favre und Silbermann sprachen schon im Jahre 1852 bei Veröffentlichung ihrer ausgezeichneten Arbeit aus, daß eine große Zahl von organischen Substanzen nicht dem Dulong'schen Gesetze folge, d. h. daß ihre Verbrennungswärme geringer sei als diejenige, welche sich durch Addition der Verbrennungswärme ihrer chemischen Bestandtheile ergeben sollte. Bei der Kohle von Ronchamp finden wir aber das Gegentheil, ähnlich wie bei denjenigen Substanzen, deren Elemente nach Berthelot unter Absorption von Wärme in Combination getreten sind.

Es ist nämlich beim ersten Versuche

Verbrennungswärme von 0,899 Kohlenstoff 7268 Calorieen,
0,0509 Wasserstoff 1781 „
9049 „
Hiervon ab für 0,004 Wasserstoff im Wasser 140 „
bleibt 8909 Calorieen.
Dagegen wurden gefunden 9163 „
Ueberschuß 254 Calorieen.

Beim zweiten Versuche ist

die Verbrennungswärme von 0,8749 Kohlenst. 7069 Calorieen,
von 0,0498 Wasserstoff 1743 „
8812 „
Hiervon ab für 0,0067 Wasserstoff im Wasser 240 „
bleibt 8572 „
Gefunden: 8946 „
Ueberschuß 374 Calorieen.

Beim dritten Versuche ergiebt sich

Verbrennungswärme von 0,8743 Kohlenstoff 7067 Calorieen,
„ 0,0456 Wasserstoff 1596 „
8663 „
Hiervon ab für 0,0075 Wasserstoff im Wasser 260 „
bleibt 8403 „
Gefunden: 9081 „
Ueberschuß 678 Calorieen.

Beim vierten Versuche endlich ergiebt sich

Verbrennungswärme von 0,8838 Kohlenstoff 7141 Calorieen,
„ 0,0442 Wasserstoff 1487 „
8628 „
Hiervon ab für 0,0065 Wasserstoff im Wasser 230 „
bleibt 8398 „
Gefunden: 9117 „
Ueberschuß 719 Calorieen.

Es erzeugt somit die Steinkohle von Ronchamp 3 bis 8 Procent mehr Wärme, als nach dem Dulong'schen Gesetze zu erwarten stünde. Ob dabei die Verbindungswärme des Stickstoffes, welcher in ziemlich bestimmten Mengen darin vorkommt, von Einfluß sein möge, läßt sich nur nach Analogie beurtheilen. Berthelot hat in den Annales de chimie et de physique, 1865, tome VI, p. 438, nachgewiesen, daß Kohlenstoff bei seiner Verbindung mit Stickstoff zu Cyan 82000 von 270000 Calorieen oder $^1/_3$ der Verbrennungswärme des Molecules verschluckt. Die Amide und die Cyanwasserstoffsäure bildet sich ebenfalls unter Absorption von Wärme. Betrachten wir nun den Stickstoff der Steinkohle als an Kohlenstoff gebunden, so wird während der Verbrennung eine überschüssige Entwickelung von Wärme entstehen, welche der absorbirten Wärme entspricht. Setzt man z. B. eine Wärmeentwickelung gleich derjenigen des Cyans ($^1/_3$) voraus und ist 1,2 Procent der Gehalt der Steinkohle an Stickstoff, so entspricht diese Stickstoffmenge ungefähr 1 Proc. Kohlenstoff oder 71 Calorieen auf 7100 Calorieen, welche wir in der Steinkohle gefunden haben. Dies würde aber nur 23 bis 24 Calorieen geben, welche durch die Bindung von Kohlenstoff an Stickstoff absorbirt worden wären, und es konnten auch nur soviel Calorieen bei der Verbrennung mehr entwickelt werden, was bei der 9000 Calorieen betragenden Verbrennungswärme von 1 Gramm Steinkohle verschwinden und den beobachteten Ueberschuß nicht erklären würde.

In der Hoffnung, hierüber einige Aufklärung zu erhalten, haben wir die Analysen verschiedener Steinkohlensorten zerlegt und versucht, ob sich zwischen der chemischen Zusammensetzung der Steinkohle und ihrer Verbrennungswärme eine Beziehung auffinden lasse. Hierüber giebt nachstehende Tabelle Aufschluß.

	Verbrennungswärme.	Kohlenstoff der flüchtigen Bestandtheile.	Sauerstoff (Asche abgezogen).	Procente Aschengehalt.	Fester Kohlenstoff in 100 Kohlenstoff.
1. Sorte	9163	63,4	3,6	12,8	80,6
2. „	9117	59,1	5,8	14,6	81,0
3. „	9081	55,9	6,7	13,2	81,7
4. „	8946	50,4	6,0	13,7	85,4

Die Kohlensorten sind nach ihrem Heizvermögen geordnet und man sieht, daß die Verbrennungswärme mit dem Kohlenstoffgehalte in den flüchtigen Bestandtheilen abnimmt. In Bezug auf den Sauerstoffgehalt zeigt die 4. Sorte weniger als die dritte, im Allgemeinen aber nimmt die Verbrennungswärme mit Zunahme des Sauerstoffgehaltes ab.

Weitere Folgerungen lassen sich hieraus nicht ziehen.

Steinkohle von Saarbrücken.

Diese Kohlensorte ist im Calorimeter schwerer zu verbrennen als die erste, die Verbrennung ist minder regelmäßig, die Menge der in der Schale unverbrannt zurückbleibenden Kohle ist beträchtlicher. Das Gas muß daher mit größerer Geschwindigkeit zuströmen als bei der Kohle von Ronchamp, sonst entsteht leicht Ruß, dessen Bildung

übrigens bei einiger Uebung ganz zu vermeiden ist. Bei den nachstehend angeführten Versuchen hat sich nie Ruß gezeigt.

Kohle von Duttweiler. — Durchschnittsprobe aus einem Haufen von 20000 Kilogrammen vom Mai 1868 (zweite Sorte).

Angewendete Menge.	Wasser.	Kohlensäure.	Asche.
0,542	0,203	1,421	0,0731
0,570	0,211	1,491	0,0734
0,307	0,110	0,804	0,044
0,3689	0,147	0,963	0,0443

6,7118 Gramme verloren bei 120° 0,120 hygrosk. Wasser,
7,546 „ „ „ „ 0,1127 „ „
5,172 Gramme gaben 3,480 Gramme Coke und 12,02 Procent Asche.

Hiernach berechnet sich in Procenten:

					Mittel.
Wasser	1,78	1,72	1,76	1,76	1,75
Kohlenstoff	70,8	71,3	71,3	71,4	71,25
Wasserstoff	4,1	4,1	4,0	4,2	4,10
Asche	13,5	12,8	14,4	12,2	13,25
Sauerstoff u. Stickstoff	9,8	10,6	8,6	10,6	9,15 / 0,50*)
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00

Coke	67,30
Flüchtige Bestandtheile	32,70
	100,00.

Kohlenstoff, in festem Zustande . .	62,84	83,82
„ an Wasserstoff gebunden	20,98	
Wasserstoff	4,60	
Stickstoff	0,71	
Sauerstoff	10,87	
	100,00.	

Zusammensetzung der flüssigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	56,46
Wasserstoff	12,42
Stickstoff	1,91
Sauerstoff	29,21
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantität.	Asche. Gewicht.	Asche. Procent.	Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,352	0,041	11,46	C 0,121 CO 0,025 H 0,000	2672,2	7584	8586
0,324	0,039	12,16	C 0,058 CO 0,027 H 0,000	2439,5	7523	8563.

Mittlere Verbrennungswärme der rohen trocknen Kohle 7685 Calorieen.
„ „ ohne Asche und Feuchtigkeit 8724 „

Steinkohle von Altenwald. — Durchschnittsprobe aus 20000 Kilogr. vom Juni 1868 (zweite Sorte).

0,3428 Gramme gaben 0,131 Wasser, 0,871 Kohlensäure und 0,046 Asche.

1,957 Gr. verloren bei 120° 0,049 hygroskopisches Wasser.
5,499 „ gaben 3,673 Coke und 14,29 Procent Asche.

Wasser	2,54
Kohlenstoff	69,30
Wasserstoff	4,26
Asche	13,50
Stickstoff	0,50
Sauerstoff	9,90
	100,00.

Coke	66,79
Flüchtige Bestandtheile	33,21
	100,00.

Kohlenstoff in festem Zustande . . .	63,15	83,14
„ an Wasserstoff gebunden .	19,59	
Wasserstoff	4,73	
Stickstoff	0,66	
Sauerstoff	11,85	
	100,00.	

Zusammensetzung der flüchtigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	53,79
Wasserstoff	12,99
Stickstoff	1,86
Sauerstoff	31,36
	100,00.

*) Wir nehmen für alle Saarbrückener Kohlen nach den Untersuchungen von Dr. Briz einen Stickstoffgehalt von 0,5 Procent an. Herr Mène giebt an (Comptes-rendus de l'acad. des sciences, tom. LXV, p. 808) 0,22 bis 0,40 Procent.

Calorimetrischer Versuch.

Quantität.	Asche. Gewicht.	Asche. Procent.	Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,3896	0,0558	14,33	C 0,084 CO 0,0328 H 0,000	2826,7	7254	8466
0,3484	0,0497	14,26	C 0,0599 CO 0,0276 H 0,00016	2503,9	7186	8380

Mittlere Verbrennungswärme der rohen trocknen Kohle 7400 Colorieen.
" " ohne Asche und Feuchtigkeit 8633 "

Steinkohle von der Heinitzgrube. — Probe aus 20000 Kilogr. Kohle vom Juni 1868 (zweite Sorte).

5,743 Gr. verloren bei 120° 0,103 Gr. hygrosk. Wasser.
0,571 " gab 0,225 Wasser, 1,456 Kohlensäure und 0,0699 Asche,
0,503 " gab 0,195 Wasser, 1,294 Kohlensäure und 0,0582 Asche.
6,228 " lieferten 4,049 Gr. Coke und 11,68% Asche.

			Mittel.
Wasser	1,79	1,71	1,79
Kohlensäure	70,28	70,38	70,33
Wasserstoff	4,37	4,30	4,30
Asche	11,57	11,57	11,57
Stickstoff	0,50	0,50	0,50
Sauerstoff	11,49	11,54	11,51
	100,00	100,00	100,00.

Coke	65,01
Flüchtige Bestandtheile	34,99
	100,00.

Kohlenstoff in festem Zustande	61,57	80,49
" an Wasserstoff gebunden	18,92	
Wasserstoff	4,71	
Stickstoff	0,68	
Sauerstoff	14,12	
	100,00.	

Zusammensetzung der gasförmigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	49,23
Wasserstoff	12,26
Stickstoff	1,76
Sauerstoff	36,75
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantität.	Asche. Gewicht.	Asche. Procent.	Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,3812	0,0442	11,59	C 0,0668 CO 0,031 H 0,000	2815	7384	8353
0,3423	0,0378	11,04	C 0,0665 CO 0,0295 H 0,000	2534	7404	8323

Mittlere Verbrennungswärme, trocken, brutto 7527 Calorieen,
" " " ohne Asche 8487 "

Steinkohle von Friedrichsthal. — Probe von 20000 Kilogr. Kohle vom Juni 1868 (zweite Sorte).

5,000 Gramme verloren bei 120° 0,050 Gr.
0,350 " gaben 0,128 Wasser, 0,864 Kohlensäure u. 0,0457 Asche,
0,417 " gaben 0,161 Wasser, 1,043 Kohlensäure u. 0,051 Asche.

			Mittel.
Wasser	1,00		1,00
Kohlenstoff	67,37	68,26	67,81
Wasserstoff	4,10	4,28	4,19
Asche	13,06	12,35	12,70
Stickstoff	0,50	0,50	0,50
Sauerstoff	13,97		13,80
	100,00		100,00.

Coke 62,16
Flüchtige Bestandtheile 37,84
100,00.

Kohlenstoff in festem Zustande . . .	58,44	78,97
„ an Wasserstoff gebunden . .	20,53	
Wasserstoff	4,67	
Stickstoff	0,59	
Sauerstoff	15,77	
	100,00.	

Zusammensetzung der flüchtigen Bestandtheile:

Kohlenstoff	49,40
Wasserstoff	11,24
Stickstoff	1,42
Sauerstoff	37,94
	100,00.

5,016 Gr. ergaben 3,118 Gr. Coke und 10,33 % Asche.

Calorimetrischer Versuch.

Quantität.	Asche.		Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm		
	Gewicht.	Procent.		beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,385	0,0398	10,33	C 0,070 CO 0,032 H 0,00013	2897	7524	8392
0,3648	0,0377	10,33	C 0,100 CO 0,015 H 0,00016	2732	7491	8355

Mittlere Verbrennungswärme der rohen trocknen Kohle 7582 Calorieen.
„ „ ohne Aschengehalt 8457 „

Steinkohle von Luisenthal. — Probe aus 20000 Kilogr. Kohle vom Juni 1868.

4,531 Gr. verloren bei 110° 0,162 Gramm.

0,435 „ trocne Kohle gaben 0,169 Wasser, 1,033 Kohlensäure und 0,053 Asche.

5,624 „ gaben 3,506 Coke und 13,15 Procent Asche.

Wasser	3,57
Kohlenstoff	64,69
Wasserstoff	3,94
Stickstoff	0,50
Asche	12,28
Sauerstoff	15,02
	100,00.

Kohlenstoff in fester Gestalt . . .	56,15	76,87
„ an Wasserstoff gebunden	20,72	
Wasserstoff	4,68	
Stickstoff	0,60	
Sauerstoff	17,85	
	100,00.	

Flüchtige Bestandtheile:

Kohlenstoff	47,80
Wasserstoff	10,79
Stickstoff	1,38
Sauerstoff	40,03
	100,00.

Calorimetrischer Versuch.

Quantität.	Asche.		Analyse.	Wärmeeinheiten pro Gramm		
	Gewicht.	Procent.		beobacht.	brutto	ohne Asche.
0,3732	0,049	13,13	C 0,064 CO 0,027 H 0,0	2596	6956	8007
0,3983	0,0525	13,18	C 0,102 CO 0,032 H 0,0	2762	6932	7984

Mittlere Verbrennungswärme der trocknen rohen Kohle 7036 Calorieen.
„ „ „ „ reinen „ 8215 „

Berechnung des theoretischen Brennwerthes der Saarbrückener Steinkohle. — Die Verbrennungswärme der Duttweiler Kohle berechnet sich

nach 0,8382 Kohlenstoff auf	6772	Calorieen
0,046 Wasserstoff „	1610	„
	8382	Calorieen

8382 Calorieen.
Hiervon ab wegen 0,0118 Wasserstoff 410 „
bleiben 7972 „
Gefunden 8724 „
Ueberschuß 752 Calorieen.

Für die Altenwalder Steinkohle ergiebt sich der theoretische Heizwerth

aus 0,8274 Kohlenstoff 6685 Calorieen,
0,0473 Wasserstoff 1648 „
8333 „
Davon ab für 0,0127 Wasserstoff 440 „
bleiben 7893 „
Gefunden 8633 „
Ueberschuß 740 Calorieen.

Bei der Heinitzgruber Kohle berechnen sich

nach 0,8049 Kohlenstoff 6504 Calorieen,
0,0471 Wasserstoff 1655 „
8159 „
ab für 0,0154 Wasserstoff 540 „
bleiben 7619 „
Gefunden 8487 „
Ueberschuß 868 Calorieen.

Bei der Friedrichsthaler Kohle berechnen sich

aus 0,7897 Kohlenstoff 6381 Calorieen,
0,0467 Wasserstoff 1634 „
8015 „
ab für 0,0174 Wasserstoff 610 „
bleiben 7405 „
Gefunden 8457 „
Ueberschuß 1052 Calorieen.

Bei der Luisenthaler Kohle berechnen sich endlich

aus 0,7687 Kohlenstoff 6149 Calorieen,
0,0468 Wasserstoff 1638 „
7787 „
ab für 0,0122 Wasserstoff 430 „
7357 „
Gefunden 8215 „
Ueberschuß 858 Calorieen.

Hiernach besitzen also die Saarbrückener Kohlen, wie diejenigen von Ronchamp, eine höhere Verbrennungswärme, als der Theorie nach zu erwarten wäre, und zwar ist der Ueberschuß noch größer, als bei letzterer Steinkohle. Worin dieser Unterschied liege, ist nicht anzugeben, vielleicht darf man ihn in dem Sauerstoffgehalte der Saarbrückener Kohle suchen. Bei der Rechnung ist nämlich für dieses Element angenommen worden, daß es mit Wasserstoff Wasser bilde, weshalb auch eine äquivalente Menge Wasserstoff verschwinde. Es könnte aber die Anordnung des Sauerstoffes in dem Molecul der Steinkohle eine derartige sein, daß während seiner Bildung eine geringere Wärmemenge entwickelt worden wäre. Nehmen wir beispielsweise an, der Sauerstoff sei mit dem Kohlenstoffe zu Kohlensäure oder Kohlenoxydgas verbunden, so fällt der Ueberschuß von Wärmeeinheiten bedeutend niedriger aus, wie nachstehende Uebersicht zeigt, in welcher auch das Resultat der Rechnung bei Außerachtlassung des Sauerstoffes beigesetzt ist.

Tabelle I.

Steinkohlensorte.	Wärmeeinheiten.					Kohlenstoffgehalt der Steinkohle		Sauerstoffgehalt der Steinkohle.
	beobacht.	Ueberschuß über die theoretische Menge				fester auf 100 C.	in dem flüchtigen Bestandth.	
		ohne Rücksicht auf O.	O mit H verbunden gedacht.	O mit C zu CO verbunden.	O mit C zu CO_2 verbunden.			
Ronchamp	9163	114	254	249	304	80,67	63,4	3,6
desgl.	9117	489	719	598	659	81,00	59,1	5,9
„	9081	418	678	605	691	81,70	55,9	6,8
„	8946	134	374	237	563	85,42	50,5	6,0
Duttweiler	8724	342	752	594	733	74,97	56,4	10,6
Altenwald	8633	300	740	510	664	76,32	53,8	11,4
v. Heinitzgrube	8487	328	868	561	756	76,40	49,2	13,9
Friedrichsthal	8457	442	1052	687	860	74,00	49,4	15,7
Luisenthal	8215	428	858	639	766	73,07	47,8	17,8.

Aus dieser Tabelle geht nur soviel mit Gewißheit hervor, daß die Verbrennungswärme derselben Steinkohlensorte in dem Verhältniß wächst, wie der Kohlenstoffgehalt der flüchtigen Bestandtheile, oder mit anderen Worten dem Kohlenstoffgehalte der Kohlenwasserstoffe direct proportional ist, welche sich bei der Destillation der Steinkohle entwickeln. Die Tabelle bestätigt ferner, daß die Steinkohle ein um so geringeres Heizungsvermögen besitzt, je reicher sie an Sauerstoff ist, doch ist die Abnahme bei Kohlensorten von verschiedenen Lagern nicht überall gleich groß.

Im Allgemeinen variirt der Ueberschuß der experimentell gefundenen über die theoretisch ermittelte Verbrennungswärme zwischen 3 und 12 Procent, wenn man annimmt, daß der Sauerstoff mit einem Theile des Wasserstoffes der Steinkohle Wasser bilde, zwischen 1 und 5 Procenten, wenn man denselben gar nicht in Rechnung stellt, und zwischen 3 und 8 Procenten, wenn man annimmt, daß der Sauerstoff sich mit einem Theile des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas verbinde. In jedem Falle zeigen aber die Versuche eine größere Verbrennungswärme, als sich nach dem Dulong'schen Gesetze berechnet, sodaß die Wärmeverluste bei den Dampfkesselfeuerungen in der That noch größer sind, als man zeither angenommen hat.

Auf letztere Frage wird im dritten Theile dieser Abhandlung des Näheren eingegangen werden.

Nachstehend folgen noch zwei Tabellen zur bequemen Uebersicht über die Versuchsergebnisse.

Tabelle II.

Steinkohlensorte.	Wärmeeinheiten		Zusammensetzung des flüchtigen Theiles der Steinkohle.			
	wirklich beobachtet.	berechnet ohne Rücksicht auf den Sauerstoffgehalt.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Ronchamp Nr. 1	9163	9049	63,4	18,6	13,1	4,9
2	9117	8626	59,1	15,5	21,1	4,2
3	9081	8663	56,0	16,3	23,7	4,0
4	8946	8812	50,5	20,2	24,0	5,3
Duttweiler	8724	8382	56,4	12,4	29,2	1,9
Altenwald	8633	8333	53,8	13,0	31,3	1,9
Heinitz	8487	8159	49,3	12,3	36,7	1,8
Friedrichsthal	8457	8015	49,4	11,2	37,9	1,4
Luisenthal	8215	7787	47,8	10,8	40,0	1,4

Tabelle III.

Steinkohlensorte.	Calorieen		Zusammensetzung der Kohle.				Kohlenstoffgehalt.		In 100 Theilen Kohle.	
	beobacht.	berechnet ohne Rücks. auf Sauerst.	Kohlenst.	Wasserst.	Stickst.	Sauerst.	fester.	an Wasserstoff gebunden.	fester Kohlenstoff.	flüchtige Bestandtheile.
Ronchamp Nr. 1	9163	9049	89,9	5.0	1,3	3,7	80,7	19,3	72.6	27,4
2	9117	8626	88,8	4,4	1,2	6,0	81,0	19,0	71,6	28,4
3	9081	8663	87,4	4,5	1,1	6,9	81,7	18,3	71,4	38,6
4	8946	8812	87,5	5,1	1,3	6,1	85,4	14.6	74,7	25,3
Duttweiler	8724	8382	83,8	4,6	0,7	10,9	75,0	25,0	62,8	37,2
Altenwald	8633	8333	83,1	4,7	0,7	11,8	76,3	23,7	63,1	36,9
Heinitz	8487	8159	80,5	4,7	0,7	14,1	76,4	23,6	61,6	38,4
Friedrichsthal	8457	8015	79,0	4 7	0,6	15,8	74,0	26,0	58,5	41,5
Luisenthal	8215	7787	76,9	4,7	0,6	17,8	73,0	27,0	56,1	43,9.

Betriebsergebnisse der österreichischen Südbahn und besonders der Semmering- und Brennerbahn im Jahre 1867.

Von

A. Gottschalk.

Der Aufforderung des Präsidenten der Gesellschaft der Civilingenieure zur Fortsetzung der jährlichen Mittheilungen meines Vorgängers Desgranges über das österreichische Südbahnnetz und besonders über die Semmeringbahn nachkommend, übergebe ich der Gesellschaft um so bereitwilliger die nachstehenden Mittheilungen, als die Frage des Eisenbahnbetriebes auf starken Steigungen täglich wichtiger wird und von ihrer Lösung die Zukunft einer Menge secundärer und Localbahnen abhängig ist, denen sich bereits das öffentliche Interesse zugewendet hat.

Es dürfte aber das österreichische südliche Eisenbahnnetz keiner anderen Eisenbahn bezüglich der zu überwindenden Schwierigkeiten des Betriebes nachstehen und die Eröffnung der Brennerbahn, welche die Alpen in der zeither noch nicht erreichten Höhe von 1367 Metern über dem Meeresspiegel überschreitet, erhöht noch das Interesse an der vorliegenden Frage. Indessen wird es mir, da die Brennerbahn erst am 24. August 1867 eröffnet wurde und die ganze Zeit bis zum Schlusse dieses Jahres gewissermaßen mit der Organisation des Dienstes und der Werkstätten verstrichen ist, nicht möglich sein, über diese Periode ganz genaue Resultate mitzutheilen, ich werde mich vielmehr vorläufig begnügen, einige Angaben über die Leistung der Maschinen zu machen, mir vorbehaltend, erst im nächsten Jahre auf die interessanten Vergleichungen einzugehen, welche sich zwischen dem Betriebe auf der Semmering- und Brennerbahn, und demjenigen auf den anderen Linien des Südbahnnetzes ziehen lassen werden.

Ich hätte auch die Mittheilung der sowohl bei der Semmeringbahn, als bei dem alten Netze der Südbahn im Jahre 1867 bezüglich der Zugkraft gewonnenen Resultate bis auf nächstes Jahr verschieben mögen, da sie erst vom 1. September an meiner Verwaltungsperiode angehören, indessen wollte ich einmal möglichst rasch dem Wunsche unseres geehrten Präsidenten entsprechen und hielt es außerdem für nützlich, keine Lücke in den bezüglichen Mittheilungen eintreten zu lassen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, werde ich nicht zu sehr in's Detail eingehen und mich begnügen, am Schlusse dieses Aufsatzes einige Tabellen beizufügen, welche die im Jahre 1867 erzielten Resultate übersichtlich darstellen und mit denjenigen der Vorjahre zu vergleichen gestatten.

Hauptlinie von Wien nach Triest und ihre Zweigbahnen.

Die erste Tabelle ist eine vergleichende Uebersicht über den Unterhaltungsaufwand bei den Maschinen und Wagen auf die Jahre 1860 bis 1867 für die Hauptbahn von Wien nach Triest und ihre Zweigbahnen nach Ungarn, Kärnthen, Croatien und Italien.

Die stetige Abnahme der Unterhaltungskosten, welche bis 1866 wahrnehmbar ist, läßt sich weiterhin blos bei dem Brennmaterial- und Schmierungsaufwande beobachten, während alle anderen Kosten eine geringe Steigerung erfahren haben, auf die man übrigens bereits seit Anfange 1867 vorbereitet war. Die Steigerung bei dem Aufwande für Wartung der Maschinen und bei dem Generalaufwande erklärt sich ganz natürlich durch die Verminderung in der Zahl der zurückgelegten Zugmeilen, welche im Jahre 1867 nur 7362289 Kilometer gegen 7801582 Kilometer im Vorjahre betrug.

Bei dem Aufwande für Reparaturen der Fahrzeuge waren hauptsächlich folgende drei Ursachen von Einfluß. 1. ist das Material noch nicht in das Stadium der normalen Abnutzung eingetreten, 2. abgesehen von dem relativen Mangel an Fahrzeugen waren dieselben wegen der außerordentlichen Militärtransporte im Jahre 1866 übermäßig angestrengt worden, was sich in den ersten Monaten des Jahres 1867 durch die beträchtliche Menge in Reparatur zu stellender Wagen kundgab, 3. in Folge des ungewöhnlichen Lebens im Bau neuer Eisenbahnen und des Aufschwunges der nationalen metallurgischen Industrie erfuhren die Löhne und Materialien im Jahre 1867 eine beträchtliche Steigerung.

Außerdem ist noch eines Umstandes zu gedenken, welcher

die Kosten dadurch erheblich erhöht hat, daß er dem Betriebe große, in diesem Maaßstabe noch nicht vorgekommene Schwierigkeiten bereitete, ich meine die außerordentliche Strenge des verflossenen Winters und die in Folge der gefallenen ungeheuren Schneemassen in den Bahneinschnitten hervorgerufenen Verwehungen und Betriebsstörungen, von denen die eine 18 Stunden hintereinander angehalten und die Fortsetzung der großen Getreidetransporte aus Ungarn auf mehrere Wochen unterbrochen hat.

Demungeachtet belaufen sich die Kosten für Unterhaltung und Reparatur des Materiales im Jahre 1867 nur auf

0,97 Franc pro Zugkilometer,

gestalten sich also um beinahe 68 Procent niedriger, als zu der Zeit, wo Herr Desgranges die Betriebsleitung übernahm, was diesem Ingenieur zur besonderen Ehre gereicht und um so mehr hervorzuheben ist, als die fraglichen Eisenbahnlinien sich in durchaus außergewöhnlichen Verhältnissen befinden, indem sie starke Curven und wiederholt starke Steigungen von 6 bis 8 pro Mille aufweisen, ganz zu geschweigen der Steigungen am Karst von 10 bis 15 und derjenigen am Semmering von 25 pro Mille.

Semmeringbahn.

Auf die Betriebsergebnisse dieser Bahn beziehen sich die Tabellen 2, 3 und 4, welche die Resultate des Jahres 1867 neben denjenigen der vorausgegangenen Jahre übersichtlich vorführen. Auch hier erklärt sich die bei mehreren Capiteln im Jahre 1867 stattfindende Zunahme der Ausgaben aus denselben Gründen, welche oben angegeben worden sind. Es betrug nämlich die Weglänge im Jahre 1866 392431 Kilometer, während sie im Jahre 1867 nur 329907 Kilometer betrug, nämlich

1. Personenzüge mit Maschinen zu 3 gekuppelten Axen . . . . . 89705 Kilometer,
2. Güterzüge mit Maschinen zu 4 gekuppelten Axen . . . . . . 240202 „

Summa 329907 Kilometer.

In dieser Minderzahl der durchlaufenen Kilometer ist die Vermehrung der Generalkosten und des Aufwandes für Zugpersonal begründet.

Die Fahrzeuge und besonders die speciell für die Semmeringbahn bestimmten Locomotiven waren im Jahre 1866, wo die Zahl der zu befördernden Züge bis auf 86 pro Tag stieg, übermäßig angestrengt und in der Zeit dieser großartigen Transporte nicht reparirt worden, sodaß sie im Jahre 1867 gründlich in Stand gesetzt werden mußten.

Endlich erklärt sich die Steigerung des Brennmaterialaufwandes durch den gleichzeitigen Eintritt verschiedener Umstände, wie Unterbrechung des Betriebes durch Schneeverwehungen, Ersaufen der Gruben, Strenge des Winters, welche im vergangenen Monat December in ganz Oesterreich eine wahrhafte Steinkohlennoth hervorgerufen und uns gezwungen hat, aus preußisch Schlesien ein sehr theures und verhältnißmäßig zu dem für die Semmeringmaschinen in der Regel ausschließlich verwendeten Leobener Lignit, geringes Brennmaterial zu beziehen.

Trotz dieser außerordentlich ungünstigen Verhältnisse sind aber die Betriebskosten des Jahres 1867 unter denjenigen des Jahres 1865 geblieben und zwar berechnet sich

der Aufwand für einen auf einmal über den Semmering geführten Personenzug auf 1,666 Franc,
derjenige für einen in zwei Theilen hinübergeschafften Güterzug auf . . . . 3,332 Francs,

was gegen die Betriebskosten in den ersten Jahren, wo die Maschinen noch nicht abgeändert worden waren, eine Ersparniß von 61 Procent nachweist.

Die Unterhaltungskosten des Geleises haben am Semmering im Jahre 1867 279192,5 Francs betragen, worin der Aufwand für Aufsicht inbegriffen ist, welcher sich auf 0,846 Fr. pro Zugkilometer beziffert.

Weitere Vergleichungen zwischen den mittleren Betriebskosten der Semmeringbahn und denjenigen des ganzen Netzes finden sich in der Tabelle 5 verzeichnet.

Tyroler Eisenbahn.

Seit 1867 ist die Venetianische Eisenbahn, welche bis dahin einen Theil des Südbahnnetzes ausmachte, an das oberitalienische Eisenbahnnetz zurückgegeben worden, sodaß die Linie des südlichen Tyrol, von Botzen bis an die italienische Grenze, mit 109 Kilometer Länge, welche bezüglich des Betriebes mit zu der venetianischen Gruppe gehört hatte, für sich allein betrieben werden mußte, wie dies bezüglich der nördlichen Tyroler Eisenbahn von Kufstein nach Innsbruck auf 74 Kilometer Länge bereits seit Jahren der Fall war.

Die Ergebnisse des Betriebes auf diesen beiden kurzen Tyroler Eisenbahnstrecken, welche durch den Brenner getrennt waren und bis zum 24. August isolirt betrieben werden mußten, können demnach nicht auf ein ernsteres Eingehen Anspruch erheben. Wir begnügen uns, hierüber beizufügen, daß die Betriebskosten pro Zugkilometer bis zur Eröffnung der Brennerbahn 1,065 Franc betragen haben. Von diesem Zeitpunkte an sind sie in Folge des steigenden Verkehres erheblich herabgegangen, es ist indessen, wie bereits oben bemerkt wurde, wegen des Einflusses, welchen die bei der Organisation des Betriebes auf der Brennerbahn gefundenen Schwierigkeiten auf die Betriebskosten ausgeübt haben, nicht möglich, über die letzten vier Monate des Jahres 1867 einigermaßen zuverlässige Angaben mitzutheilen.

Brennerbahn.

Die Brennerbahn, welche von Innsbruck nach Botzen führt, ist bereits anderweit genügend beschrieben worden, sodaß die Leser sich von dieser großartigen Bahn, welche eine Hauptverbindungsstraße zwischen dem Norden und Süden unseres Continentes und die Hauptstraße nach dem Orient zu werden verspricht, eine genaue Vorstellung zu machen im Stande gewesen sein werden.

Ihren Profilverhältnissen nach zerfällt diese Bahn in zwei wesentlich verschiedene Sectionen, von denen die Strecke Innsbruck-Brixen Steigungen von 22,5 bis 25 pro Mille, die Strecke Brixen-Botzen aber nur Gefälle bis zu 15 pro Mille aufweist. Auf Grund dieses Verhältnisses und um die Stärke der Maschinen völlig ausnutzen zu können, hat man in Brixen, also am Fuße der starken Steigungen der Brennerbahn das Depot der starken vieraxigen Maschinen eingerichtet, welche die Güterzüge zwischen Brixen und Innsbruck zu befördern haben.

Während auf der Semmeringbahn der starken Curven wegen eine Theilung der Züge in zwei Theile nöthig ist, welche zu sehr kostspieligen Manoeuvres beim Rangiren der Züge und Einstellen der Bremswagen auf den zu beiden Seiten des Gipfels am Fuße der Steigung gelegenen Stationen Ursache ist, wurde uns gestattet, die am Fuße des Brenner ankommenden Züge auf einmal mit einer Maschine am Kopfe und einer schiebenden Maschine am Ende den Berg hinauf zu schaffen, wo sich beide Maschinen an die Spitze des Zuges stellen, um ihn auf der anderen Seite hinab zu führen.

Diese Einrichtung, welche die Kuppelungen schont und vollkommene Sicherheit gewährt, ist sehr zu loben und es ist zum großen Theil dieser Einrichtung zu danken, daß bis jetzt, trotz des sehr strengen und sehr schneereichen Winters und trotz der von jeder neuen Betriebseröffnung unzertrennlichen Schwierigkeiten noch nicht der geringste Unfall passirt ist.

Die zehn, nach den Plänen der Gesellschaft speciell für die Brennerbahn gebauten Locomotiven mit 4 gekuppelten Axen haben sich von Anfang des Betriebes an sehr gut bewährt. Im Mittel betrug das Bruttogewicht der gezogenen Züge im Monat November für die Richtung von Brixen nach Innsbruck 300 Tonnen und das höchste Gewicht 356 Tonnen, im Monat December aber beziehendlich 295 und 369 Tonnen. Nach den in diesem Winter gesammelten Erfahrungen kann man annehmen, daß jede Maschine bei 15 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde 125 Tonnen bei schlechtem, 150 Tonnen bei gewöhnlichem und gegen 200 Tonnen bei gutem Zustande der Schienen auf der Steigung von 25 pro Mille aufwärts zu ziehen vermag. Bei dieser Arbeitsverrichtung und Geschwindigkeit beträgt der effective Dampfdruck 8 Atmosphären und hält sich bei vollem Gange bequem zwischen 7 und 8 Atmosphären, wobei im Durchschnitte 0,42 Füllung stattfindet.

Unter diesen Umständen haben die Maschinen im Winter 500 bis 550 Liter Wasser pro Kilometer Bergfahrt verbraucht und für die Berg- und Thalfahrt ungefähr 19 Kilogramme Steinkohle pro Kilometer verbrannt. Da man bei der Thalfahrt den Rost nur schwach beschickt, so kann man sagen, daß diese Maschinen bei der Bergfahrt eine Brennmaterialmenge verbrauchen, welche 32 bis 35 Kilogr. Steinkohle pro Kilometer entspricht, in Wirklichkeit werden aber Lignit von Sagan und Pilsener Kohle gebrannt. Ersterer kommt aus den Gruben Nieder-Steiermarks und besitzt einen Brennwerth von ca. 57 Procent des Heizeffectes der Steinkohle. Die Pilsener Kohle kommt über Baiern zu uns und ist eine leichte Kohle mit ca. 3/4 soviel Heizwerth als die Steinkohle, von der sie sich in nichts weiter zu unterscheiden scheint, als daß zufällig die dortigen Lager nicht so viel Druck erfahren haben als die Steinkohlenflötze.

Ueber die Reparaturkosten der Maschinen der Brennerbahn läßt sich zur Zeit noch nichts Bestimmtes aussprechen, doch scheint bereits soviel erwiesen zu sein, daß auf dieser Bahn in Folge der größeren Krümmungsradien der Curven, welche mindestens 285 Meter groß sind, eine geringere Abnutzung der Bandagen stattfindet, als am Semmering. Das Spiel der hinteren Axe der Brennerbahnmaschinen beträgt 15 Millimeter auf jeder Seite, während es bei den Maschinen der Semmeringbahn 20 Millimeter erreicht. Kurz, es ist bis jetzt nur Grund zur Zufriedenheit mit diesen Maschinen vorhanden und deshalb ist dieser ersten Notiz über die Brennerbahn in Tabelle 6 eine Uebersicht der Hauptdimensionen dieser Maschinen beigegeben worden.

Die Personenzüge zwischen Innsbruck und Botzen werden durch Güterzugmaschinen mit 3 gekuppelten Axen und 1,265 Meter hohen Rädern gezogen, von denen hier nur eines besonderen Umstandes wegen die Rede sein mag. Ursprünglich sollten auf dieser Strecke Maschinen mit 3 gekuppelten Axen und 1,4 Meter hohen Rädern laufen, welche vordem zur Beförderung der stark belasteten Züge der Karstbahn gedient und sich dort vollkommen bewährt hatten. Nach ihren Dimensionen und ihrem Gewichte, nach der Arbeit, welche diese Maschinen verrichtet hatten, und den Erfahrungen am Semmering hatte man Grund zu erwarten, daß sie leicht Personenzüge von 100 Tonnen Gewicht mit 22 bis 23 Kilometer Geschwindigkeit über die Steigung des Brenners von 25 pro Mille befördern können würden, aber dieselben zeigten sich sogleich in den ersten Tagen total unzureichend und man war, um beträchtliche Verzögerungen zu vermeiden, genöthigt, sie durch gewöhnliche Güterzugmaschinen mit gleicher Kesselheizfläche und gleichen Cylinder-

dimensionen, aber kleineren Rädern zu ersetzen. Die fraglichen Maschinen wurden vom Dienste auf der stärksten Steigung ausgeschlossen und zu den Güterzügen zwischen Botzen und Brixen benutzt, wo sie übrigens auch nicht einmal dem entsprachen, was von ihnen nach ihren Leistungen am Karst zu erwarten gewesen wäre.

Indem man unter den nicht von der Maschine selbst abhängigen Umständen nach den Gründen dieser geringeren Leistung suchte, gelangte man zu der Vermuthung, daß möglicherweise die sehr merkliche geringere Adhäsion dieser Maschinen durch die größere Härte der sich berührenden Flächen zu erklären sei, welche nämlich am Brenner einerseits aus Gußstahlbandagen von Krupp, andererseits aus Schienen mit Bessemerstahlköpfen bestehen, während am Karst gewöhnliche Eisenschienen liegen. Wir geben diese Vermuthung unsern Fachgenossen zur Erwägung anheim, haben übrigens noch einige bezügliche Versuche in Angriff genommen.

Auch glaube ich des Einflusses gedenken zu sollen, welchen bei eingeleisigen Bahnen der Uebergang der Züge in entgegengesetzten Richtungen über dieselben Schienen auf die Adhäsion ausüben dürfte. Auf der Semmeringbahn giebt es durchgängig doppeltes Geleis, sodaß die Bergfahrt auf einem andern Geleise erfolgt, als die Thalfahrt. Nun findet bekanntlich bei der Thalfahrt an gewissen stark gebremsten Rädern, welche sich zu drehen aufhören, ein Gleiten auf den Schienen statt, durch welches die kleinen moleculären Unebenheiten der Schienenköpfe gleichsam abgeschliffen werden, sodaß die entsprechenden Rauhigkeiten der Radbandagen nicht mehr ebenso gut fassen können, die Schiene vielmehr nach dem Uebergange eines abwärts fahrenden Zuges glatt und gewissermaßen glitscherig geworden ist. Diese von den Maschinenführern ausgehende Ansicht ist wohl zu beachten und dürfte bei der Wahl der Bremse nicht unberücksichtigt zu lassen sein.

Auf diese Weise ist der Uebergang zu den Bremsen überhaupt nahe gelegt. Beachtet man zunächst die Bremse der Wagen nicht weiter, bezüglich deren besondere Versuche im Gange sind und sich herauszustellen scheint, daß den Backenbremsen von Buchenholz vor allen andern Holz- und selbst eisernen Bremsen der Vorzug gebühre, so ist noch Einiges über die Bremsen an den Locomotiven der Brennerbahn anzuführen.

Seit der Reihe von Jahren, daß die Semmeringbahn in Betrieb ist, ist weder ein Brems an der Maschine angebracht, noch die Einrichtung zur Anwendung von Gegendampf getroffen worden. Hierbei ist allerdings nicht zu verkennen, daß auf der am stärksten geneigten und schwierigsten Strecke der Semmeringbahn die scharfen Curven, deren Halbmesser bis auf 180 Meter hinabgehen, viel zur Verzögerung der Geschwindigkeit der Züge beitragen, und daß die Locomotivführer, welche diesen hemmenden Einfluß der Curven kennen gelernt haben, ihre Züge demgemäß zu leiten verstehen. Bei der Brennerbahn war dies aber nicht möglich, da hier die kleinsten Krümmungsradien nicht unter 285 Meter betragen, während die Steigungen von 22,5 und 25 auf Tausend sich ununterbrochen auf viel längere Strecken als am Semmering ausdehnen. Ich habe mich selbst überzeugt, daß mit den gewöhnlichen Mitteln, d. h. durch Bremsen einer solchen Zahl von Wagen, daß ihre Last 25 Procent der Gesammtlast der Güterzüge (excl. Maschinen und Tender) und 50 Procent der Gesammtlast der Personenzüge betrifft, mit welchen Mitteln man am Semmering auskommt, auf der Brennerbahn Gefahr vorhanden ist, daß bei schmierigem Zustande der Schienen im Falle eines Unglückes der Zug auf den starken Gefällen nicht aufzuhalten, ja kaum auf den Stationen, deren kurze Horizontalen meistentheils zwischen zwei starken Gefällen liegen, zum Stehen zu bringen sein würde. Dieserhalb ist hier der Lechatelier'sche Brems an allen Maschinen ohne Ausnahme angebracht worden, was auch für die Maschinen der Strecke Botzen-Brixen noch beabsichtigt wird.

Dieser Apparat bietet in geschickten Händen ein Mittel, dessen sich der Locomotivführer zur Noth zum Moderiren der Geschwindigkeit auf den langen Gefällen bedienen kann, er soll jedoch eigentlich nur als Sicherheitsvorkehrung betrachtet und deshalb keine von den für den Betrieb stark steigenden Bahnstrecken vorgeschriebenen Sicherheitsmaßregeln außer Acht gelassen werden. Es darf dies in der That auch gar nicht anders gehandhabt werden, denn obwohl dieser Apparat an sich sehr einfach ist, so verlangt er doch seiten des Maschinisten eine sehr aufmerksame Behandlung und die continuirliche Anwendung desselben würde auf Gefällen zum mindesten eine ebenso beträchtliche Arbeit beanspruchen, als von dem Locomotivführer bei Ersteigung der Rampen gefordert wird. Hierdurch würde aber eine so große Ermüdung des Maschinisten herbeigeführt werden, daß in Bezug auf die Sicherheit des Dienstes das erstrebte Ziel gänzlich verfehlt werden würde. Außerdem ist aber auch die unausgesetzte Anwendung dieses Apparates keineswegs ohne Nachtheil für die Maschine selbst. Mag man auch den Eintritt von Dampf und Wasser in das Austrittsrohr möglichst verstärken, indem man die Dampfspannung so niedrig wie möglich hält, es entstehen trotzdem beim Fahren mit Contredampf Schwankungen in der Spannung, welche für die gute Conservirung des Kessels offenbar nachtheilig sind. Dieselben verrathen sich durch das fortwährende Schwanken des Zeigers des Manometers, welcher zuletzt in Unordnung geräth und falsche Angaben giebt. Wenn übrigens beim Fahren mit Contredampf zuviel admittirt wird, so kann der Druck auf den Kolben leicht diejenige Grenze überschreiten, welche der Adhäsion der Maschine

entspricht. Man sieht dann die Räder mit enormer Geschwindigkeit in der der Zugrichtung entgegengesetzten Richtung gleiten; die Maschine schwebt gleichsam in der Luft und wenn der Zug nicht scharf gebremst ist, so nimmt er augenblicklich eine bedeutende Geschwindigkeit an. Um dieses Gleiten, welches die Bestandtheile der Maschine außerordentlich angreift, zu hemmen, muß sofort die Admission vermindert und meistentheils der Regulator geschlossen werden. Dann tritt aber ein Moment ein, wo sich der Kolben unter dem Drucke des Dampfes auf der einen Seite und dem Widerstande der Reibung auf der anderen Seite in's Gleichgewicht gesetzt befindet und die Räder eine halbe Umdrehung in der einen, und dann wieder eine halbe Umdrehung in der anderen Richtung machen, bis sie kürzere oder längere Zeit ganz stehen bleiben, um dann wieder ihre gewöhnliche Bewegung anzunehmen. Die Kuppelstangen bleiben unbeweglich und die Maschine gleitet auf den Schienen, wodurch an allen Bandagen ebene Stellen entstehen. Dieser Vorgang ist uns bei Maschinen mit 4 gekuppelten Axen wiederholt passirt, besonders in der ersten Zeit des Betriebes.

Man könnte einwenden, daß bei etwas mehr Sorgfalt, Anwendung der Streusandbüchse und mehr Uebung in der Handhabung des Apparates man derartige Vorfälle gewiß vermeiden könnte; gebe ich dies aber auch für kurze Strecken zu, so halte ich es für eine bei großen Strecken kaum zu überwindende Schwierigkeit, da die scheinbar unbedeutendsten Zufälligkeiten eine Verminderung der Adhäsion zu bewirken im Stande sind, welche sofort das Gleiten hervorruft. Ich will nicht der zahlreichen Tunnel gedenken, welche am Brenner vorkommen, und in welchen ein Feuchtigkeitszustand der Schienen herrscht, welcher sofort die besprochene Wirkung erzeugt, wenn beim Einfahren in diese Tunnels die Admission nicht vorsichtig vermindert und Sand auf die Schienen gelassen wird; auch auf der offenen Bahn giebt es in Folge der Wegübergänge und der Uebergänge aus einer von der Sonne beschienenen in eine beschattete Partie Ursachen genug, welche ein derartiges Gleiten hervorrufen können; es ist demnach eine unausgesetzte Aufmerksamkeit auf diese Dinge nöthig. Während der Locomotivführer genug zu thun hat, um den Schraubenhändel für den Gang und den Injectionshahn für Wasser und Dampf immer richtig zu stellen, darf der Feuermann den Griff der Streusandbüchse nicht aus der Hand lassen, um durch aufgestreuten Sand die geringere Reibung der minder trockenen Schienen zu ersetzen. Eine so große Anstrengung ist dem Personal bei der Thalfahrt nicht zuzumuthen, nachdem diese beiden Leute während der 3 oder 4 Stunden Zeit, welche die Bergfahrt von Innsbruck bis Brenner, oder von Botzen bis Brenner in Anspruch nimmt, schon unausgesetzt in Anspruch genommen gewesen sind.

Bei derjenigen Verwendung, welche der Lachetelier'sche Apparat auf der Brennerbahn findet, leistet er aber ausgezeichnete Dienste und es wäre thöricht, ihn ganz aufzugeben. Man hat zwar den de Bergue'schen Luftbrems und neuerdings den Krauß'schen Contredampfapparat in Vorschlag gebracht, aber bei der großen Einfachheit des Lechatelier'schen Apparates und den guten Resultaten, welche derselbe zeither gegeben hat, sind wir noch nicht davon abgegangen.

Das sind die wenigen Nachweise, welche ich bis jetzt über den Betrieb der Brennerbahn geben kann. Ich könnte schlüßlich noch beifügen, daß allem Anscheine nach die Zugkosten pro Kilometer an dieser Bahn in Folge der größeren Länge der starken Steigung sich niedriger herausstellen würden als bei der Semmeringbahn, wenn der Preis des Brennmateriales für beide Bahnen der nämliche wäre, allein ich will dem Urtheile nicht vorgreifen und verweise daher lieber auf die nächstes Jahr zu gebenden Mittheilungen über die Betriebskosten der Brennerbahn und ihr Verhältniß zu denen der Semmeringbahn und der anderen Bahnen.

(Aus den Mémoires et compte rendu des Ingénieurs civils. 3. sér., 20. ann., 3. cah.)

Tabelle I. Vergleichende Uebersicht der Betriebskosten auf der Hauptlinie von Wien nach Triest nebst Zweigbahnen in den Jahren 1860 bis 1867.

Art der Ausgaben.	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867.
Weg der Züge in Kilom.	3990493	5542559	5345937	4551630	5145561	5964955	7871582	7362289
desgl. der Maschinen	4561279	6078358	5701986	4797530	5442219	6299816	8434024	7680649
Zuwachs in Procenten	14,3	9,66	6,66	5,40	5,79	5,61	7,14	5,67
Weg der Fahrzeuge	60709104	107670965	109877641	91860307	105921490	123694395	163980326	153732854
Gesammte Betriebskosten in Francs	7958366,92	8205802,00	7698344,85	5883419,10	5503529,75	5828929,97	7030292,85	7162841,77

Tabelle I. Vergleichende Uebersicht der Betriebskosten auf der Hauptlinie von Wien nach Triest nebst Zweigbahnen in den Jahren 1860 bis 1867.

Art der Ausgaben.	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867.
Betriebskosten pro Zugkilom.								
a. Locomotiven.								
Wartung	0,254	0,223	0,230	0,255	0,208	0,198	0,189	0,196
Brennmaterial	0,828	0,685	0,549	0,454	0,367	0,323	0,297	0,295
Schmiermaterial . . .	0,077	0,083	0,071	0,052	0,035	0,030	0,033	0,027
Wasser	0,066	0,033	0,031	0,024	0,017	0,013	0,009	0,010
Reparaturen	0,351	0,236	0,269	0,203	0,188	0,166	0,161	0,189
Allgemeine Kosten . .	0,083	0,061	0,072	0,100	0,082	0,069	0,051	0,061
b. Fahrzeuge.								
Reparatur der Wagen .	0,095	0,036	0,068	0,070	0,071	0,071	0,057	0,068
desgl. der Waggons .	0,175	0,069	0,094	0,078	0,063	0,070	0,068	0,091
Schmiermaterialien . .	0,042	0,038	0,037	0,034	0,021	0,020	0,017	0,020
Allgemeine Kosten . . .	0,023	0,016	0,019	0,022	0,017	0,017	0,011	0,015
Gesammtkosten pr. Zugkilom.	1,994	1,480	1,440	1,292	1,069	0,977	0,893	0,972
Gewinn gegen 1860 in Proc.	—	25,7	27,8	35,1	46,3	50,9	55,2	51,2
Betriebene Bahnlänge . .	723	1025	1150	1278	1316	1526	1526	1580

NB. Das Bahnnetz umfaßt die Linien Wien — Triest mit Abzweigung nach Laxenburg, Pragerhof — Ofen, Stuhlweißenburg — Uj Szöny, Neustadt — Oedenburg — Kanisza, Marburg — Villach, Steinbrück — Sissek, Agram — Carlstadt, Nabresina — Cormons.

Tabelle II. Oesterreichische Südbahn. Abtheilung Semmering.

Betriebsaufwand in den Jahren 1864 bis 1867 in Francs.

Art des Aufwandes.	1864 überhaupt.	1864 pro Kilom.	1865 überhaupt.	1865 pro Kilom.	1866 überhaupt.	1866 pro Kilom.	1867 überhaupt.	1867 pro Kilom.
1. Locomotiven.								
Wartung	103289,47	0,355	100297,58	0,363	121214,08	0,309	111687,10	0,338
Brennmaterial . .	254447,37	0,875	225073,85	0,817	288642,07	0,735	258315,05	0,783
Schmiermaterial . .	14181,28	0,049	11505,52	0,042	17041,22	0,043	13143,47	0,040
Wasser	7547,35	0,026	5807,20	0,021	5338,05	0,014	4594,53	0,014
Reparaturen . . .	118944,55	0,409	74511,33	0,270	97021,85	0,247	102431,57	0,311
Allgemeine Kosten .	18168,95	0,062	17755,82	0,064	18290,50	0,047	18070,50	0,054
	516578,97	1,776	434951,30	1,577	547547,77	1,395	508242,22	1,540
2. Fahrzeuge.								
Reparat. der Wagen	14414,25	0,050	16006,03	0,058	16128,28	0,041	15568,47	0,048
desgl. der Waggons	12083,88	0,042	12666,47	0,046	16412,15	0,042	20114,63	0,061
Schmiermaterialien .	4067,77	0,013	3851,57	0,014	4116,35	0,010	4498,95	0,013
Allgemeine Kosten .	1159,70	0,004	1384,25	0,005	1291,32	0,003	1481,35	0,004
	31725,55	0,109	33908,32	0,123	37948,10	0,096	41663,40	0,126
Hauptsumme	548304,52	1,885	468859,62	1,700	585495,87	1,491	549905,62	1,666
Weg der Locomotiven					392431 Kilometer		329908 Kilometer.	
desgl. der Fahrzeuge					4902590 „		4707447 „	

Tabelle III. Vergleichung der Zugdienstkosten pro Kilometer auf der Semmeringbahn mit denen der anderen Linien.

Bezeichnung der Linien.	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867.
Semmeringbahn	2,85	2,40	2,29	2,155	1,885	1,700	1,491	1,666
Andere Linien	1,89	1,42	1,39	1,238	1,021	0,942	0,861	0,940
Sämmtliche Linien der Südbahn	1,99	1,48	1,41	1,292	1,069	0,977	0,898	0,972
Reduction bei der Semmeringbahn in Procenten	—	15,8	19,7	24,4	33,9	40,4	47,6	41,5.

Tabelle IV. Vergleichung des Brennmaterialaufwandes bei der Semmeringbahn in den Jahren 1860 bis 1867.

Jahr.	Kilogramme Cokes.	Zugkilometer.	Maschinenkilometer incl. Rangiren.	Verbrauch in Kilogr. pro Zugkilometer.	Verbrauch in Kilogr. pro Maschinenkilometer.	Bemerkungen.
1860	15380997	425969	468465	36	32	Man feuerte Lignit von Leoben, dessen Heizwerth = 65 Proc. des Cokes beträgt.
1861	11387009	349730	382516	32	29	
1862	8332543	300717	309448	27	26	
1863	7129978	269826	295414	26	24	
1864	7335709	290779	320402	25	22,8	
1865	6766034	275531	301991	24,5	22,4	
1866	8568449	392431	428381	21,8	20,0	
1867	7729248	329907	364651	23,4	21,1	

Tabelle V. Vergleichung der gesammten Betriebskosten der Semmeringbahn mit denjenigen der Hauptlinie Wien — Triest und ihren Zweigen.

Art des Aufwandes.	Semmeringbahn. Güterzüge. Gulden.	Semmeringbahn. Personenzüge. Gulden.	Uebrige Linien. Personen- und Güterzüge.
Zugdienst	3,332	1,666	0,940
Geleis, Gebäude und Aufsicht	1,692	0,846	0,666
Bewegung	0,830	0,830	0,830
Allgemeiner Administrationsaufwand	0,130	0,130	0,130
Ueberhaupt pro Zugkilometer	5,984	3,472	2,566

Tabelle VI. Hauptsächlichste Dimensionen der achträdrigen Locomotiven der Brennerbahn.

Rost.

Länge	1,700	Meter,
Breite	1,085	„
Fläche in Quadratmetern	1,840	„

Feuerbox.

Höhe der Decke über dem Rahmen, vorn wie hinten	1,550	Meter,
Kleinste lichte Länge	1,670	„
Lichte Weite, größte	1,196	„
Lichte Weite, kleinste	1,085	„
Stärke des Kupferbleches	0,015	„

Rauchröhren.

Zahl	228	Meter,
Aeußerer Durchmesser	0,052	„
Stärke	0,002	„
Länge zwischen den Rohrwänden	4,625	„

Heizfläche in Quadratmetern.

Feuerbox	9,50	Meter,
Rauchröhren	172,30	„
zusammen	181,80	Meter.

Tabelle VI. Hauptsächlichste Dimensionen der achträdrigen Locomotiven der Brennerbahn.

Kessel.		
Feuerbox, äußere Länge	1,900	Meter,
„ äußere Breite, größte	1,485	„
„ „ kleinste	1,285	„
Mittler Durchmesser des Cylinderkessels	1,450	„
Länge desselben, incl. Rauchbox	5,415	„
Ganze Länge des Kessels	7,315	„
Die Kesselaxe liegt über den Schienen	1,730	„
Der Feuerboxrahmen „ „	1,235	„
Blechstärke des Cylinderkessels	0,015	„
desgl. des Mantels der Feuerbox	0,015	„
Innerer Raum des Kessels	7	Cubikmet.
Wasserinhalt bei 15 Centimeter Stand über der Decke	5,35	„
Marke des Kessels	9	Atmosph.
Durchmesser der Sicherheitsventile	0,111	Meter,
Länge der Maschine zwischen den Buffern	8,925	„
Räder.		
Durchmesser im Laufkreis	1,070	Meter,
„ des abgedrehten Felgenkranzes	0,950	„
Abstand der zweiten vorderen Axe	1,150	„
„ „ „ Triebaxe	1,150	„
„ „ hinteren „	1,150	„
„ „ äußersten „	3,450	„
Abstand zwischen den Spurkränzen	1,360	„
Axschenkel, Durchmesser	0,240	„
Länge	0,150	„

Treibende Theile.		
Cylinderdurchmesser	0,500	Meter,
Kolbenhub	0,610	„
Abstand der Cylinderaxen	2,330	„
Länge der Schubstangen	2,460	„
Kurbelwarze der Schubstange, Durchmesser	0,105	„
Länge	0,100	„
Steuerung.		
Abstand der Schieberstangenmittel	2,546	Meter,
Voreilwinkel, vorwärts wie rückwärts	35°	
Hub der Excenter und Schieber	0,130	Meter,
Schieber, Länge	0 305	„
Breite	0,380	„
Aeußeres Ueberdecken	0,035	„
Inneres „	0,0075	„
Eintritts-Dampfweg	0,045 × 0,330	„
Austritts- „	0,085 × 0,330	„
Gewicht.		
Leere Maschine	41250	Kilogr.
Dienstfertige Maschine mit 15 Centimeter Wasserstand, vordere Axe	11700	„
zweite vordere Axe	11700	„
3. Triebaxe	12050	„
hintere	11850	„
Summe	47300	Kilogr.

Selbstregulirbare Expansionssteuerung für 0,1—0,7 Cylinderfüllung.

Von

C. Diesel, Ingenieur in Chemnitz.

(Hierzu Tafel 17.)

Um bei Dampfmaschinen eine möglichst gleichförmige Geschwindigkeit zu erhalten, läßt man durch den Regulator die Kesselspannung so weit reduciren, daß die mittlere Spannung hinter dem Kolben dem jedesmaligen Arbeitswiderstande entspricht. Dies kann nun auf zweierlei Art erreicht werden: entweder der Dampf tritt gleich mit der reducirten Spannung in den Schieberkasten (Drosselklappe oder Drosselventil), oder er tritt mit voller Kesselspannung ein und der Regulator bewirkt eine größere oder kleinere Cylinderfüllung. Da nun die letztere Methode die ökonomisch vortheilhaftere ist, so ist es ganz natürlich, daß auf diesem Felde massenhafte Versuche gemacht worden sind, indeß haben sich nur einige Constructionen wirklichen Eingang in die Praxis verschaffen können, und zwar sind dies die Expansionsventile von Meyer und die Steuerungen von Farcot und von Corliß. Die Meyer'schen Expansionsplatten auf diese Art zu verstellen, ist bis jetzt noch nicht gelungen, und man wird auch hierin kaum zu einem Resultate gelangen, da für ein Verstellen der Platten der Widerstand zu groß ist, um direct vom Regulator über-

wunden zu werden, während andererseits durch eine indirecte Einwirkung die Aenderung des Expansionsgrades so langsam erfolgt, daß ein regelmäßiger Gang, wie ja auch die Erfahrung lehrt, gar nicht erzielt werden kann.

Das Meyer'sche Expansionsventil hat man der geräuschvollen, schlagenden Ventilbewegung und des langsam gehenden Regulators wegen wohl ganz verlassen, wenigstens wird man es kaum noch an einer neuen Maschine anbringen. Diese Mängel sind nun zwar bei der Farcot- und auch der Corliß'steuerung nicht vorhanden, dafür tritt aber bei beiden der große Nachtheil auf, daß sie für eine richtige und sichere Dampfvertheilung höchstens Füllungen bis $^1/_3$ des Kolbenhubes zulassen, was sehr leicht durch ein Beispiel nachgewiesen werden kann.

Es sei z. B. die Canalweite einer Farcotsteuerung = 45 Millimeter. Nehmen wir nun an, der Vertheilungsschieber habe 3 Millimeter äußere Deckung und 2 Millim. lineares Voreilen, welche Größen kaum kleiner angenommen werden können, wenn man das Ausbrechen und die Nichtparallelität der Canalkanten, sowie den todten Gang der Steuerungstheile und die seitliche Bewegung der Kurbelwelle berücksichtigt, und wir construiren hierzu das Diagramm nach Zeuner (Fig. 4, Taf. 17), so haben wir zunächst

OE = 45 + 3 = 48 = Excentricität des Excenters,
OF = 2 + 3 = 5 = Voreilung,
∠ COE = Voreilungswinkel.

Macht man nun noch EG = 2 Millimeter, d. h. nimmt man an, daß die Expansionsplatten selbst bei der größten Füllung noch 2 Millimeter Ueberdeckung haben, aus oben angeführten Gründen, so giebt OH = OE — 2 Millimeter die Kurbelstellung an, für welche die höchste zulässige Füllung erreicht wird, und zwar ist dies in unserm Falle, da BJ = 0,3 AB ist, nur 0,3 des Kolbenweges. In der Regel kommt man aber nicht so hoch, da man die äußere Deckung und das lineare Voreilen für eine derartige Canalbreite stets größer annimmt, und es ist mir eine, in neuester Zeit von Farcot selbst construirte Steuerung bekannt, mit

45 Millim. Canalweite,
8 „ äußerer Deckung,
8 „ linearem Voreilen.

Construirt man hierzu das Diagramm und giebt auch den Expansionsplatten 2 Millim. Ueberdeckung, so bekommt man die höchste zulässige Füllung noch unter $^1/_4$ des Kolbenhubes.

Diese niedrigen Füllungsgrade sind aber hinsichtlich der ganz bedeutenden Abkühlung durch die Cylinderwände, wie ja auch die Versuche von Isherwood recht klar an den Tag legen, durchaus nicht ökonomisch vortheilhaft, abgesehen noch von der geringen Kraftentwickelung einer solchen Maschine, besonders wenn man nur die gebräuchliche Kesselspannung hat und ohne Condensation arbeitet. Recht fühlbar wird aber dieser Mangel, höhere Füllung geben zu können, bei Vergrößerung der Anlage, da hierbei in den meisten Fällen eine Effectsteigerung durch höhere Füllungsgrade unerläßlich, aber sowohl bei der Corliß-, als auch der Farcotsteuerung rein unmöglich ist, wenn man nicht eben gleich mit voller Füllung arbeiten will.

Vor einigen Jahren hat nun Herr Ingenieur H. Krause in Chemnitz eine neue, durch den Regulator verstellbare Expansionssteuerung construirt, die gleich der von Farcot eine Schleppschiebersteuerung ist, aber vor dieser den Vortheil hat, daß sie Füllungen zwischen 0,1 und 0,7 des Kolbenhubes zuläßt. Die Rich. Hartmann'sche Maschinenfabrik in Chemnitz, die auch im Besitze der Patentrechte ist, bringt dieselbe seit circa 2 Jahren ausschließlich und mit dem besten Erfolge zur Ausführung, was gewiß als Empfehlung für diese neue Construction dienen kann. Im Allgemeinen ist sie aber noch wenig bekannt, weshalb ich es wohl am Platze finde, hier etwas näher darauf einzugehen.

Wie ich schon oben bemerkte, ist diese Steuerung eine Schleppschiebersteuerung. Es bewegen sich daher auf einem Grund- oder Vertheilungsschieber A (Fig. 1—3, Taf. 17) die beiden Expansionsplatten B, die in ihrem allgemeinen Habitus nicht wesentlich von der gewöhnlichen Construction abweichen. Der Hauptunterschied von der Farcotsteuerung liegt nun aber darin, daß außer dem Vertheilungsexcenter noch ein zweites vorhanden ist, welches den Expansionsrahmen C, in dessen Mitte der Steg D eingeschweißt ist, in Bewegung setzt. Auf diese Weise erhält der Keil E, da er vom Stege D mitgenommen wird, eine horizontal hin- und hergehende Bewegung, kann aber auch zu gleicher Zeit in verticaler Richtung leicht auf- und abgleiten. Für letzteren Zweck trägt derselbe in der Mitte eine schwalbenschwanzförmige Nuth zur Aufnahme eines kleinen Gleitstückes F, in welches der Hebel G eingreift. Da nun dieser mittelst der Welle H durch den Regulator bewegt werden kann, so wird dadurch natürlich auch der Keil E gehoben oder gesenkt. An die Expansionsplatten B sind ferner die Nasen J angegossen, die sich mit ihren schrägen Seiten an den Keil E, dagegen mit den geraden Flächen an den Expansionsrahmen C anlegen können, und es ist leicht zu übersehen, daß bei der größten relativen Entfernung des Expansionsrahmens gegen den Grundschieber die oberen Eintrittscanäle des Letzteren geöffnet, dagegen je nach der Stellung des Keiles E früher oder später geschlossen werden und so eine kleinere oder größere Cylinderfüllung hervorbringen.

Die Anwendung des Zeuner'schen Diagrammes recht deutlich zu machen, ist es nöthig, einen bestimmten Fall

anzunehmen, und ich wähle hierzu eine Canalbreite von 35 Millimetern. Der Vertheilungsschieber habe 6 Millim. äußere Ueberdeckung und 3 Millim. lineares Voreilen, außerdem an seiner oberen Fläche 2 Eintrittscanäle von 16 Millim. Breite. Construirt man hierzu das Diagramm nach den gewöhnlichen Regeln, so haben wir in OC den Vertheilungsschieberkreis, in OD den Expansionsschieberkreis und in OE den Kreis der relativen Bewegung des Expansionsrahmens gegen den Vertheilungsschieber, deren resp. Durchmesser 41, 35 und 32 Millimeter sind.

Untersuchen wir zunächst den niedrigsten Füllungsgrad, so müssen also die oberen Canäle des Vertheilungsschiebers bei 0,1 des Kolbenweges geschlossen werden, und dies ist im Diagramm in der Stellung OF, da BG = 0,1 AB ist, welcher auf dem relativen Schieberkreise der Punkt H entspricht. Es ist nun nothwendig, diejenige Kurbelstellung zu finden, in welcher der Abschluß der Canäle beginnt, d. h. also die Stellung zu suchen, in der der Keil E sich an die Nase J der Expansionsplatte anlegt. Zu diesem Zwecke müssen wir auf dem relativen Schieberkreise vom Punkte H um die obere Canalbreite von 16 Millimeter zurückgehen, denn es müssen der Vertheilungsschieber und der Expansionsrahmen einen relativen Weg von 16 Millimeter zurücklegen, damit in der Stellung OF der Eintrittscanal geschlossen sei. Hierdurch kommen wir auf den Punkt J des relativen Kreises und erhalten somit in OJK die gesuchte Stellung.

Dasselbe Verfahren wenden wir bei 0,7 Füllung an, also für die Kurbelstellung OL, da MB = 0,7 AB ist. Es ist dies eigentlich noch nicht das Maximum, denn man könnte noch bis in die Stellung OE vollen Dampfeintritt geben, indeß habe ich schon oben bemerkt, daß es nothwendig ist, den Expansionsplatten selbst bei der größten Füllung noch einige Millimeter Ueberdeckung zu geben. Analog dem ersten Falle suchen wir wieder die Kurbelstellung, in welcher der Keil E sich an die Nase J bei 0,7 Füllung anlegt. Der relative Schieberkreis wird von OL im Punkte N geschnitten. Gehen wir abermals um die obere Canalbreite von 16 Millimetern retour, so erhalten wir in OPQ die gesuchte Stellung, da ON — OP = 16 Millimeter ist. Aus diesen äußersten Stellungen OJK und OPQ läßt sich dann leicht die Schräge des Keiles bestimmen und durch gleiches Verfahren die Stellung desselben für jeden beliebigen Füllungsgrad zwischen 0,1 und 0,7 des Kolbenweges. Daß der Regulator vollständig Zeit hat, den Keil E heben oder senken zu können, je nachdem die Maschine zu langsam oder zu schnell geht, kann man auch sofort aus dem Diagramme nachweisen, denn selbst für den ungünstigsten Fall von 0,1 Füllung liegt der Keil von der Stellung OR, der äußersten relativen Stellung, bis in die Stellung OK nicht an, also weit genug, um eine Veränderung durch den Regulator zuzulassen. Mit der Größe der Cylinderfüllung wächst auch dieser Zwischenraum, so daß schließlich bei 0,7 Füllung der Keil von OR bis OQ, also ziemlich $^5/_8$ des Kolbenweges ganz frei ist. Es ist hieraus leicht zu ersehen, daß bei der kleinsten Aenderung des Arbeitswiderstandes der Regulator leicht einwirken kann, zumal derselbe nur die Reibungswiderstände zu überwinden hat, da das Keilgewicht ausbalancirt ist. Diese leichte Einwirkung des Regulators findet auch in der That an allen mit dieser Steuerung versehenen Maschinen statt, woraus dann natürlich auch ein sehr ruhiger und regelmäßiger Gang folgt. In constructiver Hinsicht ist es jedenfalls ein Vortheil, daß der Anstoß der Expansionsplatten nicht, wie bei der Farcotsteuerung, direct an der Welle H, sondern am Expansionsrahmen C erfolgt, der Stoß überhaupt nicht so stark ausfällt, da derselbe hier von der relativen Bewegung abhängig ist, diese aber verhältnißmäßig klein gemacht werden kann. Außerdem ist es viel günstiger, daß die Nase J sich mit der vollen Fläche an den Keil E anlegt, und nicht blos in einer Linie, wie dies bei den Daumen der Farcotsteuerung der Fall ist.

Die Differenz der beiderseitigen Cylinderfüllungen, die durch die endliche Länge der Kurbelstange entsteht, läßt sich sehr leicht durch Verbreiterung des Keiles nach einer Seite hin auf ein Minimum herabziehen, da dann auf dieser Seite der Dampfabschluß etwas früher erfolgt. Man könnte sogar dieselbe ganz aufheben, indeß müßte dann der Keil nach einer Curve gemacht werden, was aber schon für die Ausführung seine Nachtheile und für die Praxis gar keine Bedeutung hat.

Die in den Figuren 6, 7, 8 und 9 gezeichneten Indicatorcurven habe ich an 2 in der Nähe von Chemnitz im Gange befindlichen Maschinen aufgenommen, welche beide mit der neuen Krause'schen Steuerung versehen sind und zwar sind die ersten beiden Curven von einer Maschine mit 540 Millim. Bohrung, die beiden letzten aber von einer mit 425 Millim. Bohrung. Die Aufnahmen erfolgten bei ganz geöffnetem Absperrventile und es wird gewiß jeder Fachmann die exacte Wirkung dieser Steuerung, sowohl für niedrige als für hohe Cylinderfüllung, anerkennen.

Chemnitz, im März 1869.

Die Festigkeit und Steifigkeit von gewelltem Blech.

Bemerkungen über Hart's Versuche

von

Professor **W. J. Macquorn Rankine** zu Glasgow.

1. Der Civilingenieur J. H. E. Hart in Dharwar hat neuerdings im „Bombay Builder", August 1868, schätzbare Versuche über die relative Festigkeit und Steifigkeit gewellter Bleche veröffentlicht*) und nachgewiesen, daß die Ergebnisse dieser Versuche befriedigend durch die von mir in meinem „Manual of Civil Engineering, p. 543" mitgetheilte Formel

$$\frac{W l}{4} = \frac{15}{4} f h b t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

wiedergegeben werden, in welcher bedeutet:

W die in der Mitte aufgehangene Bruchbelastung,
l die freie Länge des Bleches,
b die Breite,
t die Dicke,
h die Höhe der einzelnen Wellen vom Wellenscheitel bis zum Wellenthal,
f den Coefficienten oder Modulus der Bruchfestigkeit.

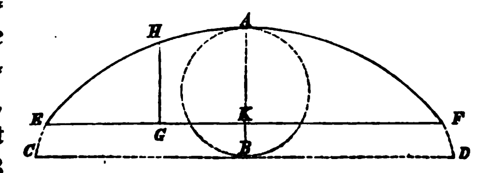
Die nach dieser Formel

$$f = \frac{15}{16} \frac{W l}{h b t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

von Hart aus seinen Versuchen abgeleiteten Werthe des Coefficienten f schwanken von 41100 bis 58940 Pfund pro Quadratzoll und betragen im Mittel 46000 Pfund. Es unterliegt hiernach keinem Zweifel, daß die Gleichung (1) mit Sicherheit zur Berechnung der Widerstandsfähigkeit gewellter Bleche von gegebenen Dimensionen benutzt werden kann, und daß in Ermangelung specieller Versuche über die Festigkeit einer zu verwendenden Sorte von gewelltem Blech der von Hart gefundene geringste Werth des Coefficienten f, nämlich 41100 Pfund in die Rechnung einzuführen sein wird.

2. Der nachstehende Aufsatz soll einmal erläutern, auf welchen theoretischen Anschauungen die obige Formel beruht und bis zu welchem Grade ihr Vertrauen zu schenken sein dürfte, sodann aber auch aus den Hart'schen Versuchen über die Bruchfestigkeit mit Hilfe einer genaueren Formel den Festigkeitscoefficienten, sowie aus denjenigen über die Biegung den Elasticitätsmodulus der gewellten Bleche abzuleiten suchen.

3. Bei Aufstellung von Formeln für die Biegungsfestigkeit von Körpern aus einem gegebenen Material ist zunächst das Trägheitsmoment des Querschnittes in Bezug auf eine durch den Schwerpunkt gehende horizontale Axe aufzusuchen. Bei einer Tafel von gewelltem Blech ist der Querschnitt ein schmaler Streifen von einer Breite gleich der Stärke des Bleches und wellenförmiger Gestalt, dessen Bögen abwechselnd oberhalb und unterhalb der Horizontalaxe des Querschnittes liegen. Diese Bögen lassen sich in der Regel als Kreisbögen betrachten, es wird dabei in Bezug auf Festigkeit kein merklicher Irrthum entstehen können, wenn man dafür irgend eine vom Kreisbogen nicht wesentlich abweichende Curve einführt, wie z. B. Cykloidenbögen. Letztere Curve besitzt nun aber geometrische Eigenschaften, welche die Berechnung des Trägheitsmomentes außerordentlich vereinfachen, und deshalb soll hier angenommen werden, daß die Form der abwechselnden Berge und Thäler des Bleches in Cykloidenbögen besteht. In dem nebenstehenden Holzschnitte bezeichne CAD eine vollständige Cykloide, wie sie jeder Punkt des Kreises AB



beschreibt, wenn der Kreis auf der Geraden CD hinrollt, und die Sehne EF mag zu CD parallel und so gezogen sein, daß in dem abgeschnittenen Bogen EAF die Höhe AK dasselbe Verhältniß zur Breite EF besitzt, wie bei dem gewellten Blech. Wenn also a die Länge einer Welle, oder den Abstand zweier Wellenscheitel, und h die Wellenhöhe oder den Abstand des Scheitels vom Thale bedeutet, so wäre

*) Wir theilen dieselben im Anhange mit. D. Red.

$$EF = \frac{a}{2} \text{ und } AK = \frac{h}{2}.$$

4. Nun besitzt die Cykloide folgende geometrische Eigenschaft. Der senkrechte Abstand HG eines Punktes H in der Cykloide von einer zur Basis parallelen Sehne EF ist proportional dem Producte $HE \times HF$ der beiden Bögen, in welche der Cykloidenbogen AEF durch den Punkt H getheilt wird. Ist also

$$AE = AF = c,$$
$$\operatorname{arc} AH = s,$$
$$AK = \frac{h}{2},$$
$$HG = y,$$

so folgt:

$$y = \frac{h}{2} \frac{(c+s)(c-s)}{c^2} = \frac{h}{2}\left(1 - \frac{s^2}{c^2}\right).$$

Bedeutet ferner ds ein Element des Bogens bei dem Punkte H, so ist das Trägheitsmoment desselben in Bezug auf die Axe EF gleich $y^2 ds$ und dasjenige des ganzen Bogens:

$$\int_0^c y^2 ds = \frac{h^2}{4} \int_0^c ds \left(1 - \frac{s^2}{c^2}\right) = \frac{2}{15} h^2 c.$$

Dividirt man diesen Ausdruck mit der Masse (hier dem Bogen c), so erhält man den

$$\text{Trägheitshalbmesser} = \frac{2}{15} h^2$$

und es ergiebt sich somit das Trägheitsmoment des Querschnittes einer Tafel von gewelltem Blech, wenn man die Fläche des Querschnittes A hiermit multiplicirt:

$$J = \frac{2}{15} h^2 A.$$

5. Aus den bekannten allgemeinen Formeln für den Festigkeits- und Elasticitätsmodulus

$$f = \frac{h}{2J} \frac{Wl}{4} \text{ und } E = \frac{W_1 l^3}{48 J v},$$

worin

W die Bruchbelastung,

W_1 eine innerhalb der Elasticitätsgrenze bleibende Belastung, bei welcher die Einbiegung direct wie die Belastung zunimmt,

v die der Belastung W_1 entsprechende Einbiegung

bedeutet, erhält man dann zur Berechnung dieser Coefficienten die Formeln:

$$f = \frac{15}{16} \frac{Wl}{hA}, \quad \ldots \ldots (4)$$

$$E = \frac{5}{32} \frac{W_1 l^3}{h^2 A . v} \quad \ldots \ldots (5)$$

6. Für die Fläche A des Querschnittes erhält man einen annähernd richtigen Werth, wenn man einfach die Breite mit der Dicke multiplicirt,

$$A = bt, \quad \ldots \ldots (6)$$

und dieser Werth ist bei Aufstellung der Formel (1) angewendet worden. Dieses Verfahren liefert aber jederzeit einen zu kleinen Werth des Querschnittes, und wenn man denselben benutzt, um die muthmaßliche Bruchbelastung einer Tafel von gewelltem Blech mit Zugrundelegung der für andere Eisensorten gefundenen Festigkeitsmodeln zu berechnen, so wird man stets große Sicherheit erhalten, was mich bei meinem Handbuche zur Benutzung dieses Näherungswerthes bestimmte.

Andrerseits ist es klar, daß unter Zugrundelegung desselben Näherungswerthes der aus angestellten Versuchen berechnete Festigkeitsmodulus größer ausfällt, als die wirkliche Inanspruchnahme des Materiales und zwar ist er in demselben Verhältniß größer, als der wirkliche Querschnitt gegen den angenommenen Näherungswerth.

Es läßt sich aber die Länge des Cykloidenbogens $EA = c$ bis auf 1/4 Procent genau durch die Näherungsformel

$$c = \frac{a}{4}\left(1 + \frac{8h^2}{3a^2}\right)$$

ausdrücken, so daß ein genauerer Werth für den Querschnitt der gewellten Blechtafel sein wird:

$$A = bt\left(1 + \frac{8h^2}{3a^2}\right). \quad \ldots\ldots (7)$$

Bedenkt man indessen, um wieviel genauer das Gewicht als die Stärke dünner Bleche bestimmt werden kann, so ist es einleuchtend, daß die Ermittelung des Querschnittes der gewellten Bleche am genauesten durch Erhebung des Gewichtes einer bestimmten Flächeneinheit geschehen wird, und dies ist denn auch der Weg, der von mir bei der neuen Berechnung der Hart'schen Versuche eingeschlagen worden ist. Mr. Hart giebt nämlich überall das Gewicht der gewellten Bleche pro Quadratfuß an; dieses Gewicht ist in den folgenden Berechnungen mit 40 (d. i. mit dem Gewichte eines Quadratfußes Blech von 1 Zoll Stärke) dividirt, wodurch eine Stärke t_1 erhalten wird, die man die virtuelle Stärke des gewellten Bleches nennen kann, nämlich die Stärke einer ebenen Tafel Eisenblech, nach 480 Pfund Gewicht pro Cubikfuß berechnet, von demselben horizontalen Querschnitte und Gewicht, wie das gewellte Blech. Das Product aus der Breite und virtuellen Stärke

$$A = bt_1 \quad \ldots \ldots (8)$$

giebt dann den Querschnitt des gewellten Bleches.

Es ist hierbei zu bemerken, daß der durch Gleichung (8) gefundene Werth von A meistentheils, wenn auch nicht in allen Fällen etwas größer ausfällt, als derjenige, welcher

sich nach Gleichung (7) für die Hart'schen Versuche berechnet. Dies kann z. Th. davon herrühren, daß das Blech durch den Walzproceß eine etwas höhere Dichtigkeit angenommen hat, als von 480 Pfund pro Cubikfuß; jedenfalls verdient aber die Formel (8) den Vorzug; denn wenn danach der Festigkeits- und Elasticitätsmodulus berechnet wird, so ist hierdurch der Effect dieser etwaigen Compression des Eisens eliminirt.

7. Bei der Berechnung der corrigirten Festigkeitsmodeln ist der Weg eingeschlagen worden, daß die von Hart gefundenen Werthe mit dem Verhältniß $\left(\frac{t}{t_1}\right)$ der gemessenen Blechstärken zu den virtuellen Stärken multiplicirt worden sind. Die Werthe, welche sich hierbei ergeben, sind in nachstehender Tabelle (A) aufgeführt. Sie sind blos auf 3 Stellen ausgerechnet, da es unnütz wäre, die Genauigkeit weiter zu treiben. Die Differenzen der extremsten Werthe sind geringer, als bei den nach Gleichung (2) unter Zugrundelegung der direct gemessenen Blechstärken gefundenen Zahlen, wie nachstehende Vergleichung zeigt.

		Gemessene Blechstärken.	Virtuelle Stärken.
Größter Modulus	(Nr. 10)	58940 Pfund,	(Nr. 10) 45300 Pfund,
Kleinster „	(Nr. 3a)	41101 „	(Nr. 9) 34200 „
	Differenz	17839 Pfund.	11100 Pfund.
	Mittel	46682 „	39100 „

Tabelle A. Werthe des Festigkeitsmodulus für gewelltes Eisenblech nach den Hart'schen Versuchen.

Versuchsnummer.	Festigkeitsmodulus nach der gemessenen Blechstärke in Pfunden pro Quadratzoll.	Gemessene Blechstärke in Zollen.	Virtuelle Blechstärke in Zollen.	Corrig. Festigkeitsmodulus nach der virtuellen Stärke in Pfunden pro Qu.-Zoll.
1	46567	0,029	0,039	34600
2	45628	0,035	0,046	34700
2a	50900	0,035	0,046	38700
3	41663	0,060	0,069	36250
3a	41101	0,060	0,069	35800
4	43528	0,060	0,069	37900
6	49770	0,100	0,121	41100
6a	52376	0,100	0,121	43300
6b	52375	0 100	0,121	43300
7	46124	0,100	0,118	39100
8	43099	0,095	0,113	36400
9	41959	0,095	0,116	34200
10	58940	0,100	0,130	45300
11	46373	0,115	0,133	40000
12	47760	0,150	0,163	43900
13	43281	0,150	0,159	40800

Das Mittel aus 16 Versuchen giebt 39100 Pfund pro Quadratzoll = 27500000 Kilogr. pro Qu.-Meter, oder in Längen ausgedrückt nach 480 Pfund Gewicht pro Cbkfß. beträgt dieses Mittel 11730 Fuß = 3573 Meter.

8. Die Werthe des Elasticitätsmodulus (modulus of stiffness) sind mit Hilfe der Gleichungen 5 und 8 und unter Zugrundelegung derjenigen Hart'schen Versuche berechnet, bei denen die Einbiegungen einfach oder nahezu wie die Gewichte zunehmen. Hierüber giebt die Tabelle B das Nähere. Die Berechnung ist nur auf 4 Stellen durchgeführt. Die Differenzen zwischen den größten und kleinsten Werthen sind im Vergleiche zum mittleren Werthe etwas kleiner als bei den Festigkeitsmodeln, nämlich:

größter Werth	(Nr. 2)	23290000	Pfd. pro Qu.-Zoll.
geringster „	(Nr. 11)	17760000	„ „ „
	Differenz	5530000	„ „ „
	Mittel	20420000.	

Tabelle B. Werthe des Elasticitätsmodulus für gewellte Bleche nach den Hart'schen Versuchen.

Versuchsnummer.	Gewicht in Pfunden.	Einbiegung in Zollen.	Elasticitätsmodulus in Pfd. pro Quadratzoll.
1	262	1,00	18710000
2	314	0 64	23290000
4	384	0,34	20830000
6	599	0,46	20830000
7	600	0,46	22280000
8	258	1,36	19760000
9	314	1,26	19170000
10	1332	0,44	21350000
11	1251	0,58	17760000
12	1334	1,02	19540000
13	1098	0,80	21080000

Mittel aus 11 Versuchen 20420000 Pfd. pro Qu.-Zoll = 14360000000 Kilogramme pro Quadratmeter, oder in Längen ausgedrückt, nach 480 Pfd. Gewicht pro Cubikfuß, 6126000 Fuß = 1867000 Meter.

9. Nach den vorstehenden Untersuchungen ergeben sich folgende Regeln für praktische Rechnungen.

Ist b die Breite einer Tafel von gewelltem Blech,
h die Tiefe der Wellen,
w das Gewicht der Flächeneinheit Blech in der Projection,

so findet sich das wahrscheinliche niedrigste Bruchmoment M, indem man zunächst die virtuelle Blechstärke nach der Formel

$$t_1 = \frac{w}{k}$$

berechnet, wobei k = 40 zu nehmen ist, wenn w in Pfunden pro Quadratzoll gegeben ist und t_1 in Zollen gesucht wird, für k aber 7690 einzuführen ist, wenn w in Kilogrammen pro Quadratmeter und t_1 in Bruchtheilen des Meters genommen ist. Hierauf giebt die Formel

$$M = \frac{4}{15} f h b t_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

das Bruchmoment, wenn für englisches Maaß f = 34200 Pfundzoll, für Metermaaß f = 24000000 Kilogrammeter eingeführt wird.

Wird umgekehrt zu einem beabsichtigten Bruchmoment M die Breite b und die Tiefe der Wellen h gesucht, welche das gewellte Blech erhalten muß, so hat man

$$w = k t_1 = \frac{15k}{4f} \frac{M}{hb}, \quad . \quad . \quad (10)$$

und hierin ist für den Factor $\frac{15k}{4f}$ zu setzen

bei englischem Maaß $\frac{1}{228} = 0{,}00358$,

bei Metermaaß $\frac{1}{832} = 0{,}0012$.

Wird endlich die Einbiegung (v_1) gesucht, welche bei der halben Bruchbelastung und der freien Länge l zu erwarten ist, so hat man

$$v_1 = \frac{n_2}{m_1} \frac{f}{2E} \cdot \frac{l^2}{4h}, \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

worin zu setzen ist:

$$\frac{f}{2E} = 0{,}00096 = \frac{1}{1040},$$

$$\frac{n_2}{m_1} = \frac{2}{3} \text{ bei Belastung in der Mitte.}$$

$$\frac{n_2}{m_1} = \frac{5}{6} \text{ „ gleichförmiger Belastung.}$$

(Engineer, vol. XXVI, no. 672.)

Anhang.

Wir theilen im Nachstehenden auszugsweise die oben erwähnten, zuerst im „Bombay Builder", August 1868, veröffentlichten und hierauf im „Engineer", Nr. 668 abgedruckten Versuche des Civilingenieur J. H. E. Hart in Dharwar mit.

Das dazu angewendete gewellte Blech war von der Firma Nicol & Co. zu Bombay geliefert und sollte den Nummern 8, 10, 12, 16 und 22 der Birminghamer Blechlehre entsprechen. Es besaß ziemlich ungleichförmige Wellen, indem die Höhe derselben selbst an verschiedenen Stellen derselben Welle differirte, sodaß die Wellen an den Rändern des Bleches nicht als voll gerechnet werden konnten. Auch die Blechstärke variirte bei Blechen derselben Nummer und an verschiedenen Stellen derselben Tafel nicht unbedeutend. Sie wurde an einem aus der Tafel herausgeschnittenen und sorgfältig abgefeilten Streifen gemessen, wozu eine in Hundertel-Zolle getheilte Scala mit Loupe benutzt wurde.

Die Tafeln lagen an den Enden auf verschiebbaren Widerlagern auf und wurden in der Mitte der freien Länge mittelst eines rechtwinklig zu den Wellen darüber gelegten, steifen, der Druckvertheilung wegen in den Furchen mit feuchtem Sande unterstopften, hölzernen Stabes und eines daran befestigten, durch einen 3/4 Zoll langen, 1/4 Zoll weiten Schlitz in dem Bleche hindurchgehenden und eine Waagschale tragenden Stahlblechstreifens belastet. Vorkehrungen gegen schiefe Belastung und störende Stöße waren getroffen. Zum Messen der Einbiegungen diente eine in Funfzigstel-Zolle getheilte Scala, welche von der unteren Seite der Bleche zwischen Seidenfäden herabhing, die mittelst Gewichten zwischen den Widerlagern gespannt waren.

Die der Belastung bis zum Bruch ausgesetzten Bleche erhielten verschiedene Breiten, um die Genauigkeit der Formel zu prüfen; auch wurde die freie Länge der Bleche verändert und um genaue Vergleiche zu erzielen, ein Theil der gebrochenen Bleche wiederholten Versuchen unterworfen.

Zur Berechnung der Versuche diente die oben unter (1) angeführte Formel.

Versuche über die Festigkeit von gewelltem Blech.

Englische Maaße und Gewichte.

Versuchsnummer.	Beschreibung der gewellten Bleche.	Gewicht in Pfunden.	Einbiegung in Zollen.	Festigkeitsmodulus und Art des Bruches.
1.	Nr. 22 der Birminghamer Lehre Größe des Bleches 8' × 2¼' Gewicht „ „ 28 Pfund Gewicht pro Quadratfuß 1,56 Pfund t = 0,029 Zoll, l = 60. „, b = 27 „, h = 0,67 „ { Abstand zweier Wellen 3" . . . . 7 Wellen, 6 ganze u. 2 halbe Furchen	164 220 234 248 262 276 290 304 430	0,60 0,82 0,88 0,92 1,00 1,08 1,14 1,22 Bruch	f = 46567. Der Bruch erfolgte langsam bei Zufügung des letzten Gewichtes, indem zu beiden Seiten des Loches niedrigere Wellen aufrissen.
2.	Nr. 20 der Birminghamer Lehre Größe des Bleches 6' × 2' 7¾" Gewicht „ „ 29 Pfund Gewicht pro Quadratfuß 1,83 Pfund t = 0,035 Zoll, l = 60 „, b = 31,75 „, h = 0,71 „ { Abstand der Wellen 3 Zoll . . . . 9 volle u. 2 halbe Wellen u. 10 Furchen	90 146 202 258 314 370 426 640 641	0,18 0,28 0,40 0,52 0,64 0,78 0,96 ? Bruch	f = 45628. Die Wellen am Rande des Bleches waren nicht vollständig.
2a.	Unverletztes Stück des vorigen Bleches, l = 30", h = 0,72"	1448	Bruch	f = 50900.
3.	Nr. 17 der Birminghamer Lehre Größe des Bleches 6' × 2' 3½" Gewicht „ „ 38 Pfund Gewicht pro Quadratfuß 2,76 Pfund t = 0,06", l = 60", b = 27,5", h = 0,95"	46 102 158 214 382 1161	0,08 0,12 0,20 0,31 0,40 Bruch	f = 41663. 5 Wellen und 6 Thäler.
3a.	Unverletztes Ende des vorigen, l = 30", h = 0,86, b = 3,5"	1018	Bruch	f = 41101.
4.	Nr. 17 der Birminghamer Lehre Größe des Bleches 6' × 2' 3¾" Gewicht „ „ 38½ Pfund Gewicht pro Quadratfuß 27,7 Pfund t = 0,06", l = 60", b = 27,75", h = 0,95", Wellenabstand 5", 6 Wellen mit 5 Furchen, Wellen an den Rändern unvollständig.	160 272 384 496 720 1224	0,12 0,22 0,34 0,46 0,72 Bruch	f = 43528. Gab langsam nach unten Zusammenschrumpfen der Welle im Scheitel und Streckung zu beiden Seiten.
5.	Nr. 13 oder 12 der Birminghamer Lehre Größe des Bleches 6' × 2¾' Gewicht t = 0,096", l = 60", b = 33", h = 0,9", Wellenlänge = 5" 6 Wellen mit 7 Furchen, wovon die Randfurchen unvollständig	260 596 1044 1794 1895 2114 2160	0,28 0,46 0,68 a c d Bruch	Bei a und c fanden Stöße in Folge Rutschens der Belastung statt. Bei d sichtliches Sinken des Bleches, besonders da, wo h niedrig war.
6.	Nr. 12 der Blechlehre Größe des Bleches 6' ¼" × 10,1" Gewicht „ „ 24,5 Pfund Gewicht pro Quadratfuß 4,84 Pfund t = 0,1", l = 48", b = 10,1", h = 0,94"	151 263 375 487 599 1050	0,12 0,20 0,30 0,38 0,46	f = 49770. 2 Wellen mit 1 Furche dazwischen.
6a. 6b.	Unverletzte Stücke des vorigen Bleches	1768 2210		l = 30, f = 52376,4. l = 24, f = 52374,6.

Versuchsnummer.	Beschreibung der gewellten Bleche.	Gewicht in Pfunden.	Einbiegung in Zollen.	Festigkeitsmodulus und Art des Bruches.
7.	Nr. 12 der Blechlehre	152	0,10	f = 46124,4.
	Größe des Bleches 6' 1/4" × 9,9"	264	0,18	1 ganze Welle im Mittel und 2
	Gewicht „ „ 23,5 Pfund	376	0,26	halbe Wellen an den Rändern.
		488	0,30	
	„ pro Quadratfuß 4,73 Pfund	600	0,44	
	t = 0,1, l = 48, b = 9,9, h = 0,95	768	0,60	
	Wellenabstand 5"	964	Bruch	
8.	Nr. 13 oder 12 der Blechlehre	90	0,44	f = 43099.
	Größe des Bleches 6' × 1'	146	0,72	4 scharfe Wellen mit 3 Furchen.
	Gewicht „ „ 27 Pfund	202	1,0	
		258	1,36	
	Gewicht pro Quadratfuß 4,5 Pfund	314	1,8	
	t = 1,095, l = 60, b = 12, h = 0,49	428	Bruch	
	Wellenabstand 3"			
9.	Nr. 13 oder 12 der Blechlehre	90	0,34	Bei den Blechen 8 und 9 sind
	Größe des Bleches 6' × 1'	146	0,58	die Wellen zigzagförmig. Sie
	Gewicht „ „ 28 Pfund	202	0,80	sind von demselben Blech ent-
		258	1,04	nommen, daher ist der Unter-
	Gewicht pro Quadratfuß 4,66 Pfund	314	1,26	schied der Wellenhöhen auffällig.
	t = 0 095, l = 60, b = 12, h = 0,56	426	2,10	
	Wellenabstand 3". 2 volle Wellen in der Mitte und 2	480	2,78	
	unvollständige zu beiden Seiten	483	Bruch	f = 41959,4.
10.	Nr. 12 oder 11 der Blechlehre	212	0,12	f = 58940.
	Größe des Bleches 6' × 2 3/4'	436	0,20	6 Wellen mit 7 Furchen, wovon
		660	0,26	diejenigen an den Rändern un-
	Gewicht des Bleches 103 Pfund	884	0,32	vollständig.
	Gewicht pro Quadratfuß 6,24 Pfund	1108	0,36	
		1332	0,44	
	t = 0,12, l = 60, b = 33, h = 0,964	1780	0,56	
	Wellenabstand 5"	4000	Bruch	
11.	Nr. 12 oder 11 der Blechlehre	90	0,06	f = 46373.
	Größe des Bleches 6' × 2 3/4'	202	0,10	a. Nach Entfernung des Ge-
		426	0,20	wichtes ging das Blech ganz in
	Gewicht „ „ 88 Pfund	650	0,30	die horizontale Lage zurück.
	Gewicht pro Quadratfuß 5,34 Pfund	762	0,34	b. Die letzte beobachtete Einsen-
		900	0,40	kung bei 3000 Pfund betrug
	t = 0,115, l = 60, b = 33, h = 0,964	1251	0,58 a	4,6".
	Wellenabstand 5". 5 volle Wellen und 2 unvollständige	2750	0,81	
	an den Rändern	3072	Bruch b	
12.	Nr. 9 der Blechlehre	202	0,18	f = 47760.
		426	0,36	3 volle Wellen und zwei halbe
	Größe des Bleches 6' × 1' 3"	650	0,50	Furchen an den Rändern der
	Gewicht „ „ 49 Pfund	874	0,60	Tafel.
	Gewicht pro Quadratfuß 6,53 Pfund	1110	0,84	
		1334	1,02	
	t = 0,15, l = 60, b = 15	1558	1,40	
	h = 0,97	1850	Bruch	
13.	Nr. 2 der Blechlehre	202	0,20	f = 43281.
	Größe des Bleches 6' × 1' 3"	426	0,36 a	a. die äußere Kante wurde
	Gewicht „ „ 47 3/4 Pfund	650	0,52	runzelig.
	Gewicht pro Quadratfuß 6,36 Pfund	874	0,64	b. nach Entfernung der Last ging
		1098	0,80	das Blech bis auf 0,04 zurück.
	t = 0,15, l = 60, b = 15, h = 0,96	1322	1,02 b	c. letzte beobachtete Einsenkung.
	Wellenlänge 5". 2 volle Wellen in der Mitte und zwei	1660	2,84 c	
	halbe an den Rändern	1662	Bruch	

Das Mittel sämmtlicher Festigkeitsmodeln beträgt hiernach

46682 Pfundzoll,

oder, wenn vom 10. Versuche abgesehen wird,

45916 Pfundzoll.

Die größten und kleinsten Werthe dieser Coefficienten sind

58940 und 41101,

wovon ersterer als unrichtig anzusehen ist, da er gegen den Coefficienten des mit einem ganz ähnlichen gewellten Blech angestellten Versuches Nr. 11 zu stark differirt.

Die Versuche 2, 2a und 6, 6a zeigen, daß die Festigkeit im umgekehrten Verhältniß der Länge l steigt, obwohl bei den kürzeren Probestücken eine etwas größere Tragkraft beobachtet wird. Die Breite übt keinen Einfluß auf die Größe des Coefficienten aus und ebenso scheint die Höhe der Wellen h nur in der ersten Potenz aufzutreten, doch fehlen hierüber ausführlichere Versuche mit verschieden hohen Wellen bei sonst gleicher Beschaffenheit der Bleche. Zur ungefähren Vergleichung können die Versuchsreihen 5, 8 und 9 dienen.

Die Versuche 6, 7, 12 und 13 zeigen, daß bei schmalen Blechen die Lage der Wellen an den Kanten von Einfluß ist. Bei Versuch 6 lagen nämlich zwei Wellen, bei Versuch 7 zwei Furchen, bei Versuch 12 zwei halbe Furchen und bei Versuch 13 zwei halbe Wellen an den Rändern oben und es zeigte sich, daß bei nach oben gebogenen Seitenrändern der Bleche (Versuch 7) die Ränder zeitig eingeknickt wurden (cripped),' bei abwärts gebogenen Rändern aber länger Widerstand leisteten. Sämmtliche Bleche gaben übrigens zuerst an den Rändern nach, und alle wurden nur allmälig durchgebogen, wenn die Last sich der Bruchbelastung näherte. Sie brachen der Regel nach durch Streckung der Wellen in der Mitte, nicht auf dem Scheitel der Rücken, ließ man aber das Blech sich durchbiegen, bis das Material brach, so erfolgte der Bruch durch Aufreißen der Furchen, beginnend auf beiden Seiten des Loches in der Mitte und nach den Rändern des Bleches hin fortschreitend rechtwinkelig zur Länge. Möglicherweise würde die Widerstandsfähigkeit dadurch vergrößert worden sein, wenn man Streifen darüber genietet hätte, wie es Professor Rankine empfiehlt. Bei Brücken würden die anstoßenden Tafeln dem Strecken entgegenwirken, was die Festigkeit vermehren würde.

Die Ergebnisse der Biegungsversuche sind ziemlich gleichförmig, gestatten aber zur Zeit noch keine Folgerungen. In einigen Fällen wurden die letzten Durchbiegungen beobachtet, meist war es aber nicht möglich den Moment zu treffen, wo die größte Durchbiegung stattfand.

Beschreibung einer Dampfmaschine mit Ventilsteuerung und beliebig verstellbarer Expansion, zum Umsteuern eingerichtet, auf dem König-Johann-Schacht zu Oberlungwitz.

Von

Dr. C. Th. Meyer in Zwickau.

(Hierzu Tafel 18.)

Im VIII. Bande, S. 446 dieser Zeitschrift wurde bei Beschreibung der Dampfbremse auf dem König-Johann-Schacht zu Oberlungwitz angegeben, daß dieselbe bei einer Maschine in Anwendung sei, welche auch in anderen Beziehungen und namentlich durch eine neue, für Ventilsteuerung geeignete Expansionsvorrichtung, welche ein sofortiges Umsteuern der Maschine gestattet, Neues gegen die bisher gebräuchlichen Constructionen enthalte, und daß daher eine Beschreibung dieser Maschine später folgen werde; ich komme dieser Angabe im Folgenden nach, werde jedoch zuvor auf die Verhältnisse eingehen, welche die Anschaffung einer Maschine, wie die in Rede stehende, als räthlich und vortheilhaft erscheinen ließen, da ähnliche Umstände und zwar namentlich bei bergmännischen Unternehmungen nicht selten vorkommen dürften.

Bei dem Abteufen des der sächsischen Steinkohlen-Compagnie zu Oberlungwitz gehörigen König-Johann-Schachtes betrug die zu hebende Wassermenge zur Zeit der Bestellung der Maschine, d. i. im October des Jahres 1861, ca. 30 Cubikfuß pro Minute, der größte Theil dieses Wasserzu-

flusses fand jedoch in den oberen Teufen statt; von 235 Ellen Teufe an bis zu der damals bei ca. 750 Ellen Teufe anstehenden Schachtsohle betrugen die zufließenden Wasser nur einige Cubikfuß. Zur Hebung dieser Wassermenge würde eine Maschine von ca. 40 Pferdekräften Leistung vollkommen hingereicht haben, nicht so aber zur Gewältigung von im Schachte aufgegangenen Wassern. Obgleich bei $237^3/_4$ Ellen Teufe ein Sumpf (Wasserort) ausgehauen war, so reichte derselbe für durch Maschinenreparaturen u. a. hervorgerufene Maschinenstillstände (dergleichen bei allen Werken und namentlich während der Abteufungsarbeiten eintreten) bei dem nicht unbedeutenden Wasserzudrange doch nur auf verhältnißmäßig kurze Zeit hin, das Verfallen der Wasser in das Schachttiefste zu verhindern; nach längere Zeit anhaltenden Stillständen war das zu gewältigende Wasser auf die ganze Schachtteufe zu heben. — Da nun die voraussichtlich zu erreichende Teufe des Schachtes ca. 1200 Ellen betrug, da man nicht voraussehen konnte, ob und wie stark, wenn auch vielleicht nur zeitweilig, Wasserzuflüsse bei der ferneren Durchteufung neuer Gebirgsschichten noch auftreten würden, und da ferner sehr viel daran gelegen sein mußte, bei vorkommenden Gewältigungen im Schachte aufgegangener Wasser nicht zuviel Zeit für die Abteufungsarbeiten zu verlieren, also möglichst rasch zu gewältigen, so entschloß man sich, eine Maschine von 100 Pferdekräften zur Aufstellung zu bringen.

Eine kräftige Maschine machte sich auch deshalb wünschenswerth, weil sie außer zur Wasserhaltung zugleich noch als Fahrkunstmaschine dienen sollte. Die Fahrkunst war eine gewöhnliche Trittfahrkunst, deren Tritte gleich an das Kunstgestänge befestigt wurden.

Bekanntlich bedingt nun aber eine stärkere Volldruckdampfmaschine, wenn sie auf eine geringere Leistung beansprucht wird, einen viel größeren Dampf- und somit Kohlenverbrauch, als eine in ihren Dimensionen der gerade nöthigen Leistung angepaßte Maschine (schon deshalb, weil im ersteren Falle der Dampfzutritt durch das Dampfabsperrungsventil so weit gehindert werden muß, daß der Dampf im Cylinder mit einer viel geringeren Spannung wirkt, als die Spannung im Kessel beträgt), es lag daher nahe, die Anwendung eines Maschinensystemes anzustreben, welches gestattet, die Maschine wenigstens ohne Nachtheil auch für geringere Leistungen anzuwenden, zumal ja eben die aufzustellende Maschine während der längsten Zeit ihrer Thätigkeit nur auf die geringere Arbeitsleistung zu benutzen war. — Eine solche Variabilität in der Leistung wird aber nur durch Anwendung der Expansion ermöglicht; nur die Dampfmaschine mit verstellbarer oder variabler Expansion gestattet ohne Nachtheil, ja, wenn die zulässigen Gangverhältnisse nicht überschritten werden, sogar mit Vortheil die Benutzung auf geringere Leistungen, als ihre normale und gewährt beträchtlichen Vortheil bei Anwendung auf geringere Leistungen als die, welche den Dimensionen als Volldruckdampfmaschine entspricht.

Eine ziemlich bedeutende Verschiedenheit in der Leistung wurde aber, wie bereits erwähnt, nicht nur durch die möglicherweise auftretenden, neuen Wasserzuflüsse und durch die Gewältigung im Schachte aufgegangener Wasser, sondern auch dadurch bedingt, daß die Maschine zugleich als Fahrkunstmaschine zu wirken bestimmt war; es mußte daher die Anwendung einer Expansionsdampfmaschine jedenfalls als zweckmäßig erscheinen. Bei gewöhnlichem Gange der Wasserhaltung hatte die Maschine voraussichtlich mit viel Expansion zu arbeiten; bei Gewältigungen und namentlich auch bei der Benutzung als Fahrkunstmaschine war die Expansion so weit nöthig zu verändern oder abzustellen.

Die Wahl einer Expansionsdampfmaschine rechtfertigte sich auch noch dadurch, daß, sollte die projectirte Stärke von 100 Pferdekräften nicht gebraucht werden, das zu Beschaffung einer solchen Maschine erforderliche, größere Anlagscapital nicht vergeblich angelegt war, da man ja bei einer Leistung unter 100 Pferdekräften mit Expansion arbeitete und folglich Kohlenersparniß durch solche eintreten mußte, während bei der Wahl einer 100pferdekräftigen Maschine ohne Expansion in solchem Falle nicht nur das größere Capital unnütz aufgewendet gewesen sein würde, sondern auch ein nicht unbedeutend größerer Kohlenverbrauch vorauszusehen war. —

Es dürfte nach dem Vorhergehenden keinem Zweifel unterliegen, daß sich unter den gegebenen Verhältnissen die Anwendung einer Dampfmaschine mit verstellbarer Expansion als am zweckmäßigsten und passendsten erwies, doch war, um eine Anwendung zu ermöglichen, erst noch einigen Erfordernissen Genüge zu leisten. Erstens war es erforderlich, daß die Expansionsvorrichtung so beschaffen sei, daß ihre Verstellung ohne Zeitverlust und ohne viel Kraftaufwand ausgeführt werden könne, und zweitens sollte die Maschine auch sofort umgesteuert werden können. Beide Bedingungen fallen in Bezug auf die Expansionsvorrichtung insofern zusammen, als die letztere die erstere gleich in sich schließt.

Eine leichte Regulirbarkeit war unbedingt nöthig, denn soll eben das Stellen des Dampfabsperrungsventiles wegfallen und der Dampfzutritt blos durch das Expansionsventil geregelt werden, so muß die Stellung leicht und ohne Umstände zu bewirken sein. Die Möglichkeit sofortiger Umsteuerung der Maschine machte sich aber deshalb wünschenswerth, weil die Maschine zugleich als Fahrkunstmaschine dienen sollte, der Maschinenwärter aber eine mit Umsteuerung eingerichtete Maschine unleugbar besser in seiner Gewalt hat, als eine Maschine ohne Steuerung. Wenn auch durch Anwendung einer Dampfbremse dafür

gesorgt werden konnte und gesorgt wurde, möglichst schnell Stillstand erzielen zu können, so ist nichtsdestoweniger die durch die Möglichkeit der Umsteuerung gebotene Sicherheit keineswegs zu unterschätzen. Ein zweiter Grund, die Umsteuerung zu bedingen, wurde dadurch gegeben, daß es vortheilhaft erscheinen mußte, die Maschine als Aushilfe auch zur Förderung benutzen zu können, wenn an der Fördermaschine unvorherzusehende, größere Reparaturen eintreten sollten. Die Expansion sollte dann nöthigenfalls abgestellt und die Maschine durch Verrückung eines Vorgelegrades mit den Förderkörben in Verbindung gebracht werden. — Beide Bedingungen zu erfüllen, war deshalb schwierig, weil die Maschine des leichteren Umsteuerns halber mit Ventilsteuerung zu versehen war, doch hat Herr Maschinenfabrikant **Beck** [Mitinhaber der Maschinenfabrik von **Rudolph & Beck** in Chemnitz*)] den gestellten Anforderungen durch eine sehr sinnreiche Expansionsvorrichtung vollkommen entsprochen. Zur Umsteuerung selbst wurde die Coulissensteuerung gewählt, welche einen Irrthum von Seiten des Maschinenwärters fast unmöglich macht. — Die folgende Beschreibung hat es also mit einer Balancier-Dampfmaschine mit Ventilsteuerung und beliebig verstellbarer Expansion, zum sofortigen Umsteuern eingerichtet, zu thun und zwar mit einer Maschine, welche bei 33 Zoll sächsisch Kolbendurchmesser und 65 Zoll sächs. Hub und bei höchstens 23 Spielen pro Minute bei 1/3 Cylinderfüllung und 4 Atmosphären Dampfspannung im Kessel mindestens 60 Pferdekräfte Leistung giebt; die Maschine ist aber auch stark genug gebaut, um bei 4 1/2 Atmosphären Dampfspannung mit Volldruck arbeiten, also eine Leistung von über 100 Pferdekräften erzielen zu können.

Fig. 1 auf Taf. 18 stellt die Maschine in der Seitenansicht, Fig. 2 im Grundriß und Fig. 3 in der Vorderansicht dar; Fig. 4 zeigt einen Verticaldurchschnitt nach der Linie XX der Fig. 3. Es ist in Fig. 4 das Zapfenlager der Deutlichkeit halber als hinter der Stellvorrichtung für die Expansion liegend gezeichnet, sowie die Stellung der Expansionsvorrichtung selbst um 90 Grad gegen die Stellung in den Figuren 1—3 verschieden angenommen.

A ist der Dampfcylinder, B die Säule des Balanciers, C der Balancier, D das Schwungrad. a und a' sind die Dampfeintrittsventile, b und b' die Dampfaustrittsventile, c ist das Expansionsventil. Der Dampf strömt durch das Dampfrohr d und das während des Ganges der Maschine ganz geöffnete Dampfabsperrungsventil (Admissionsventil) e nach dem Expansionsventil c und tritt von da, so lange solches geöffnet ist, abwechselnd durch die Dampfventile a und a', im zweiten Falle zuvor durch die hohle Säule f gehend, in den Cylinder A, während der gebrauchte Dampf durch die Ventile b' und b und das Dampfabgangsrohr g, im ersteren Falle vermittelst der hohlen Säule f', entweicht. Die Geradführung der stählernen Kolbenstange E erfolgt durch das Querhaupt E' mit den Schlitten h und h', die zwischen den Säulen i, i, i', i' auf- und abgleiten, und die Verbindung mit dem Balancier C durch die Gelenkstücke k und k'. Von dem Balancier wird die Bewegung durch die Kurbelstange F auf den Krummzapfen l und die schmiedeeiserne Welle m übertragen, auf welcher das Treibrad n sitzt, welches in das 4mal so große Rad o der ebenfalls schmiedeeisernen Vorgelegswelle p eingreift, auf welcher letzteren ein schmiedeeiserner Krummzapfen aufgezogen ist, von dem aus die Korbstange (Zug- und Schubstange) die Bewegung den Kunstkreuzen mittheilt.

Der abgehende Dampf geht mittelst eines am Ende rechtwinkelig umgebogenen, verticalen Kupferrohres durch das in der Speisewassercysterne befindliche Speisewasser durch und streicht dann horizontal über solches weg, während das zur Speisung der Cysterne zufließende Wasser mittelst einer Brause durch den Dampfstrom getrieben wird; es wird auf diese Weise eine Erwärmung des Speisewassers von 75° R. erreicht.

Um ein gleichmäßiges Anziehen der Stopfbüchse des Dampfcylinders zu ermöglichen, sind die einzelnen Schrauben s (Fig. 2) mit kleinen Rädchen versehen, welche in ein gemeinschaftliches Rad t eingreifen (im Grundriß durch einen punktirten Kreis angedeutet), so daß, wenn eine Schraube gedreht wird, die anderen zugleich mit angezogen werden.

Auf der Schwungradwelle m sitzen die beiden Excentriks u und u', von denen die Excentrikstangen v und v' nach der in ihrer Mitte aufgehangenen Coulisse w führen und dieselbe in hin- und herschwingende Bewegung versetzen. Um der Coulissenaxe x das durch die Excenterbewegung bedingte kleine Vor- und Zurückgehen zu gestatten, lagert, wie Fig. 1 zeigt, x in den Armen x', die sich um den Zapfen x'' drehen können. In dieser Coulisse gleitet die Steuerstange y, welche durch den Arm y' die Welle z in einem Bogen um ihre Axe hin- und herdreht, wodurch mittelst der Verbindungsstangen $a_1 a_1$, $b_1 b_1$ und der Hebel $a_0 a_0$, $b_0 b_0$ abwechselnd die Ventile a und b' und a' und b geöffnet und geschlossen werden. Zur Bewegung der Steuerstange und somit zur Umsteuerung dient der Steuerhebel c_1, der seinen festen Stand durch einen gezahnten Kreisbogen d_1 erhält; durch c_1 wird mittelst der Welle e_1 und der Arme $d_0 d_0$, f_1, g_1 die Steuerstange y gehoben oder gesenkt und dadurch die Umsteuerung bewirkt;

*) Leider war die Firma vor einigen Jahren durch ungünstige Verhältnisse genöthigt, den Betrieb der Fabrik einzustellen. Auch die beschriebene Maschine steht gegenwärtig zum Verkauf.

zur Ausgleichung des Gewichtes der Steuerstange und der Arme f_1 und g_1 dient das Gegengewicht h_1.

Zum Abschließen des Dampfes, ehe der Dampfkolben den Cylinder durchlaufen hat, dient, wie bereits erwähnt, das Expansionsventil c (Fig. 4). Dasselbe erhält seine Bewegung von der Welle i_1 und diese vermittelst des Armes k_1 durch die runde Stange l_1, welche durch die hohle Welle m_1 hindurchführt; l_1 wird aber wieder mittelst des Winkelhebels n_1, der seinen Drehpunkt in o_1 hat, und der kleinen Verbindungsstange p_1 von der Welle r_1 aus in Bewegung gesetzt, indem p_1 ein kleines Excenter q_1 umschließt. Der Welle r_1 wird die Bewegung durch das conische Räderpaar s_1 und t_1 von der Schwungradwelle m mitgetheilt, und zwar dreht sich die Welle r_1 2 mal um ihre Axe, während die Schwungradwelle einen Umgang macht. Von der Stellung des Winkelhebels n_1 zur Welle r_1, oder vielmehr zu dem an solcher befindlichen Excenter q_1 hängt der Expansionsgrad ab, mit dem die Maschine arbeitet, denn je nachdem der Winkelhebel die Stellung wie in den Figuren 1—3 einnimmt, oder eine um 45°, 90°, 135° o. a., oder um 180° verwendete Stellung, wird das Expansionsventil während des ganzen Hubes, oder nahezu während $^3/_4$, $^1/_2$, $^1/_4$ o. a. oder gar nicht geöffnet sein, im letzteren Falle also Stillstand der Maschine eintreten, während im ersteren Falle die Maschine als Volldruckmaschine wirkt. Zur beliebigen Stellung des Winkelhebels n_1 dienen, da derselbe, wie Fig. 4 verdeutlicht, fest mit der hohlen Welle m_1 verbunden ist, 2 conische Räder u_1 und v_1, von denen u_1 auf der Welle m_1 fest aufsitzt, während v_1 an der verticalen Welle w_1 befindlich ist, welche durch den Griff x_1 gedreht werden kann. Zur Feststellung der Expansionsvorrichtung ist der Griff x_1 mit einem, durch einen Druck auf den Knopf x_1' zurückziehbaren Zahne versehen, welcher in die gezahnte Scheibe y_1 eingreift, auf welcher letzteren zugleich die Expansionsgrade eingravirt sind. Da die Scheibe y_1 mit vielen Zähnen versehen ist, so kann die Stellung des Winkelhebels n_1 und somit die Expansion auf jeden beliebigen Grad gebracht werden.

Die Wirkung dieser den Herren Rudolph & Beck in Chemnitz patentirten Expansionsvorrichtung beruht darauf, daß die Axe von l_1 gegen die Axe der Welle r_1 etwas zur Seite liegt, und zwar um soviel, als die Excentricität des Kreisexcenters q_1 beträgt. Noch ist zu bemerken, daß, je nachdem die Maschine vor- oder rückwärts geht, die Stellung des Winkelhebels n_1 oben oder unten zu erfolgen hat, d. h. in der oberen oder unteren Hälfte des Kreises, welchen n_1 bei einer Drehung der Welle m_1 um ihre Axe durchläuft.

Man begreift leicht, daß bei dieser Expansionsvorrichtung nicht nur eine Verstellung des Expansionsgrades durch eine Verstellung des Winkelhebels n_1 mittelst des Griffes x_1 ganz einfach zu bewirken ist, sondern auch, daß sofort umgesteuert werden kann; die linke Hand faßt den Griff x_1, die rechte den Steuerhebel c_1, und während man mit c_1 umsteuert, verstellt die linke Hand die Expansion, indem man den Griff x_1 über den Punkt der Scheibe y_1, der den vollen Dampfeintritt markirt (oder auch über den Nullpunkt, indem das Schwungrad forthilft), hinweg auf die andere Seite führt und je nach dem Expansionsgrade, mit welchem man fortarbeiten will, einstellt. — Die Einrichtung hat sich in jeder Beziehung gut bewährt; sie erfüllt nicht nur ihren Zweck vollkommen, sondern es sind auch Störungen durch etwaige Reparaturen oder dergleichen in keiner Weise vorgekommen.

Um die Expansionsvorrichtung ganz außer Wirksamkeit setzen zu können, ist eine (in der Zeichnung nicht angegebene) Klinke angebracht, welche in den Arm k_1 eingreift und solchen in der Stellung festhält, bei welcher das Expansionsventil ganz geöffnet ist; auch ist ein an der Welle i_1 angebrachter Hebel in der Zeichnung weggelassen, welcher dazu dient, das Expansionsventil c mit der Hand heben zu können.

G ist eine Dampfbremse, welche nicht nur dazu dient, schnell Stillstand der Maschine eintreten lassen zu können (fast augenblicklich, wenn man gleichzeitig den Dampfzutritt im Cylinder abschneidet), sondern auch gestattet, beliebig stark oder schwach zu bremsen; sie ist in Fig. 2 nur angedeutet, da ihre Beschreibung und Zeichnung, wie bereits Eingangs bemerkt, im VIII. Bande d. Bl. enthalten ist.

Die Maschine wurde in den Monaten Mai und Juni des Jahres 1862 montirt, die Schachtteufe war inzwischen bis auf 965 Ellen vorgeschritten. Sofort nach Ingangsetzung der neuen Maschine zeigte sich eine bedeutende Kohlenersparniß gegen den bisherigen Verbrauch; es wurden in 24 Stunden bei dem gewöhnlichen Gange des Betriebes ca. 30 Scheffel gewaschene Klarkohlen weniger gebraucht, und während früher der Bedarf an Kohlen zur Wasserhaltung und Förderung über 100 Scheffel täglich (Tag und Nacht) betrug, reichte man nun mit 65 bis 70 Scheffeln aus. Bei einem Preis von 5 Ngr., incl. Fuhrlohn pro Scheffel Klarkohlen betrug die Ersparniß somit pro Tag 6 Thaler, also pro Jahr 365 × 6 = 2010 Thaler. — Die Maschine kostete bis äußerer Schwungradwellenkopf 7200 Thaler.

Obgleich seit der Aufstellung der Maschine bereits 7 Jahre verflossen sind, in welchem Zeitraume sich so Manches geändert hat, und auch der Schacht, da man das Grundgebirge erreichte, ohne Kohlenaufschluß erzielt zu haben, aufgegeben werden mußte, so dürften doch die erwähnten Gesichtspunkte bei Anschaffung neuer Maschinen auch jetzt noch zu berücksichtigen sein, und ist gewiß die beschriebene Expansionsvorrichtung auch heut noch als eine nicht unwesentliche Verbesserung zu bezeichnen.

Ueber die von der Orléansbahngesellschaft in den Jahren 1857 bis 1866 angestellten Versuche über den Zugwiderstand.

Von

V. Forquenot.

(Aus den Mémoires et compte-rendu des travaux de la soc. des Ingénieurs Civils. 3. série, 20. année, 2. cahier.)

Die auf der Orléansbahn über den Zugwiderstand abgeführten Versuche sind im Jahre 1857 von C. Polonceau begonnen und seitdem fortgesetzt worden, um Alles zu untersuchen, was bei der Bestimmung der Lasten, welche eine Locomotive bei einem gegebenen Bahnprofile fortzubewegen vermag, in Frage kommt.

Man befolgte dabei folgende Versuchsmethode:

Es wurde durchgängig das Dynamometer angewendet, da die Methode des Herablassens von geneigten Ebenen, sowie diejenige, bei welcher den Fahrzeugen eine gewisse Geschwindigkeit mitgetheilt und dann plötzlich die Wirkung des Motors aufgehoben und beobachtet wird, welche Wegstrecke die Fahrzeuge noch durchlaufen, mit großen Schwierigkeiten verknüpft sind und ziemlich complicirte Rechnungen erfordern.

Meistentheils wurden die Versuche mit einem, bisweilen, aber nur unter ganz besondern Verhältnissen, auch mit zwei Dynamometern angestellt; wenn es sich nämlich darum handelte, zweierlei verschiedene Wagengattungen zu vergleichen, so bildete man einen aus zwei Abtheilungen bestehenden Zug und schaltete vor diese Abtheilungen mit den verschiedenen Wagen je ein Dynamometer ein. Dies ist aber erst seit 1862 und in speciellen Fällen geschehen, da sich öfters eigenthümliche Unregelmäßigkeiten herausstellten. Handelte es sich aber blos um eine Art des Materiales und um die Ermittelung der Widerstände unter verschiedenen Verhältnissen, so begnügte man sich mit einem einzigen Dynamometer.

Man kann den einer gegebenen Zuggeschwindigkeit entsprechenden Widerstand auf dreierlei Weise erhalten:

1. man beobachtet am Dynamometer die gesammte aufgewendete Arbeit und dividirt mit dem zurückgelegten Wege, wodurch der der mittleren Zuggeschwindigkeit entsprechende Widerstand gefunden wird;
2. man beobachtet während solcher Wegstrecken von 3 oder 4 Kilometer Länge, wo die Geschwindigkeit als constant angesehen werden kann, und das Mittel der beobachteten Widerstände wird dann als der entsprechende Zugwiderstand angesehen, wobei allerdings in Bezug auf die Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit eine gewisse Unsicherheit bleibt, da die Geschwindigkeit nach der Zeit, innerhalb welcher man 1 Kilometer Weg zurücklegt, bemessen wird, partielle Variationen der Geschwindigkeit, welche eintreten können, also nicht beobachtet werden;
3. man beobachtet die Arbeit, welche von dem Augenblicke an, wo eine gewisse Geschwindigkeit sich zeigt, bis zu dem Augenblicke, wo sie sich wieder zeigt, verrichtet wird. Da der Zuwachs an lebendiger Kraft der Arbeit der Kräfte gleich ist, so folgt, daß die Menge der verrichteten Arbeit gleich Null ist, wenn von einer gewissen Geschwindigkeit ausgegangen und bis zur Wiederkehr derselben Geschwindigkeit beobachtet wird. Diese Arbeit besteht nämlich aus dem Ueberschuß und aus dem Mangel an Kraft, welcher ein Constantbleiben der Geschwindigkeit hinderte. Man kann daher annehmen, daß Zugwiderstand und Geschwindigkeit während des Weges constant geblieben sind, nur tritt Beides mit seinem mittleren Werthe auf und man erhält den der mittleren Geschwindigkeit innerhalb der Beobachtungszeit entsprechenden Zugwiderstand. Indessen ist es schwierig, die mittlere Geschwindigkeit exact zu bestimmen, weil man niemals genau das Intervall der beiden Punkte kennt, wo die Geschwindigkeit dieselbe ist.

Von den drei angeführten Wegen ist der erste der beste, wenn die Geschwindigkeit eines Zuges nicht in weiten Grenzen variirt, und wenn nicht zu häufige Haltepunkte stattfinden. Letztere geben zu großen Irrungen Anlaß, weil der Brems angewendet werden muß und also ein Theil der lebendigen Kraft nicht an den Zug zurückgegeben,

sondern durch die Reibung der Räder auf den Schienen aufgezehrt wird.

Natürlich muß bei dem totalen Zugwiderstande derjenige Widerstand, welcher der Wirkung der Schwere auf den verschiedenen steigenden oder fallenden Strecken entspricht, additiv oder subtractiv berücksichtigt werden.

Wir führen im Nachstehenden die Ergebnisse der Versuche an, welche zur Bestimmung der verschiedenen, auf den Zugwiderstand einflußreichen Umstände angestellt worden sind. Derartige Umstände sind:

1. die Dimensionen der Arschenkel und Räder,
2. die Länge der Züge,
3. die Stärke der Ladung,
4. der Zustand der Schienen,
5. die Art der Schmierung,
6. der Einfluß der Temperatur,
7. Steigen und Fallen der Bahn,
8. Art der Kuppelung,
9. Fläche der Wagen, Windstärke,
10. Geschwindigkeit, Curven.

1. Dimensionen der Arschenkel und Räder.

Um den Einfluß der Dimensionen der Arschenkel bei gleichen Raddimensionen kennen zu lernen, wurden

1. 15 Wagen der Orléansbahn mit 155 Millim. langen, 80 Millim. starken
15 „ „ „ „ 102 „ „ 60 „ „

Arschenkeln bei 1 Meter hohen Rädern und fester Schmiere am 11. August 1857 von Paris nach Etampes und zurück gefahren. Bei 25 Kilometer Geschwindigkeit betrug der Zugwiderstand pro Tonne auf horizontaler Bahn

für die 155 Millim. langen, 80 Millim. starken Arschenkel 3,15 Kilogr.
„ „ 102 „ „ 60 „ „ „ 2,98 „

2. 6 Wagen der Orléansbahn mit 150 Millim. langen, 72 Millim. starken
6 „ „ „ „ 102 „ „ 60 „ „

Arschenkeln ergaben bei fester Schmiere, 1 Meter hohen Rädern, 50 Kilometer Geschwindigkeit am 17. September 1857 auf der Strecke zwischen Paris und Etampes für horizontale Bahn

erstere 5,3 Kilogr. Zugwiderstand pro Tonne,
letztere 5,05 „ „ „

3. Dieselbe Wagenzahl mit gleichen Aren, Rädern, Schmiere, Geschwindigkeit ergab auf der Strecke von Paris nach Guillerval für horizontale Bahn

erstere 4,00 Kilogr. Zugwiderstand pro Tonne,
letztere 3,90 „ „ „

4. Bei 12 Wagen derselben Art, gleichen Rädern, gleicher Schmierung und 37 Kilomet. Geschwindigkeit wurde

für 150 Millim. lange, 72 Millim. starke Arschenkel auf der Strecke Paris-Corbeil und zurück am 8. und 9. October 1855

5,83 Kilogr. Zugwiderstand pro Tonne,

für 102 Millim. lange und 60 Millim. starke Arschenkel auf derselben Strecke am 28. und 29. Sept. 1855

5,63 Kilogr. Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn gefunden.

Die vorstehend angeführten Ziffern zeigen keine Steigerung mit der Geschwindigkeit. Derartige Anomalien dürfen bei dynamometrischen Versuchen nicht Wunder nehmen, da die Zugkraft wesentlich von der Schmierung abhängt, hierin aber besonders bei fester Schmiere vielerlei Unterschiede hervortreten.

Es gilt aber hier die Erforschung des Widerstandes, soweit derselbe von den Dimensionen der Arschenkel abhängig ist. Vergleicht man nun die Widerstände bei Arschenkeln von 102 Millim. Länge und 60 Millim. Stärke mit denjenigen bei Arschenkeln von 150 Millim. Länge und 72 Millim. Stärke, oder solchen von 155 Millim. Länge und 80 Millim. Stärke, so erhält man

bei der 1. Versuchsreihe das Verhältniß $\frac{2,98}{3,25} = 0,94$

„ 2. „ „ „ $\frac{5,05}{5,30} = 0,95$

„ 3. „ „ „ $\frac{3,90}{4,00} = 0,97$

„ 4. „ „ „ $\frac{5,63}{5,83} = 0,97$

Mittel $= 0,96$.

Der Reibungswiderstand in den Arbüchsen ist also bei größerer Berührungsfläche größer, wächst aber nicht in demselben Verhältniß wie die Fläche.

Auf horizontaler Bahn erfordern 19 Wagen mit starken Arschenkeln soviel Zugkraft als 20 Wagen mit schwächeren Schenkeln, wenn das Gewicht der Wagen das nämliche ist. Bei steigenden Strecken tritt dieser Einfluß gegen denjenigen der Schwerkraft ziemlich in den Hintergrund. Beträgt die Steigung z. B. 15 auf 1000, so ist nach der 2. Versuchsreihe das Verhältniß $\frac{5,05+15}{5,30+15} = 0,99$, also würde bei der schwächeren Arschenkelsorte auf 25 Wagen nur $^1/_4$ Wagen mehr angehangen werden können, was für die Praxis natürlich ganz ohne Werth ist.

Indessen geht doch soviel klar hervor, daß es, soweit die Festigkeit des Axenmateriales und die Widerstandsfähigkeit des Lagermetalles dies zuläßt, vortheilhaft sein wird, schwächere Axschenkel anzuwenden.

Um den Einfluß der Raddurchmesser kennen zu lernen, sind bei gleichen Axschenkelstärken von 155 und 80 Millimetern

15 Wagen der Orléansbahn mit 1,2 Met. hohen Rädern u.
15 „ „ „ „ 1,0 „ „ „

bei fester Schmiere und 23 Kilometer Geschwindigkeit versucht worden und es ergab sich der Zugwiderstand für horizontale Bahn pro Tonne

für die 1,2 Met. hohen Räder, für die 1 Met. hohen Räder
zu 2,9 Kilogr., zu 3,3 Kilogr.,

folglich das Verhältniß $\frac{2,9}{3,3} = 0,90$.

Hiernach zeigt sich die Anwendung höherer Räder als entschieden vortheilhaft, was übrigens a priori vorherzusehen ist, da sie bei gleicher Geschwindigkeit eine geringere Reibung in den Axbüchsen haben werden. Bei 1,2 Meter hohen Rädern können 55 Wagen mit derselben Kraft bewegt werden, welche 50 Wagen bei 1 Meter hohen Rädern in Anspruch nehmen.

Viele Versuche mit den Güterwagen der Südbahn mit 0,9 Meter hohen Rädern haben bestätigt, daß bei solchen der Zugwiderstand pro Tonne größer ist, als bei den Wagen der Orléansbahn mit 1 Meter hohen Rädern, wobei allerdings auch der Umstand mit in's Gewicht fallen kann, daß erstere mit fester, letztere mit flüssiger Schmiere geschmiert waren. Da indessen in gewissen Fällen die feste Schmiere bei guter Abwartung ebenso gute Resultate giebt als Oel, so möchte der Unterschied zwischen der von den beiden Wagengattungen beanspruchten Zugkraft großentheils mit auf die Raddurchmesser zu schieben sein.

2. Länge der Züge.

Die Länge der Züge übt einen sehr beträchtlichen Einfluß auf den Zugwiderstand aus und von zwei gleich schweren und aus sonst gleichen Fahrzeugen bestehenden Zügen ist der längere entschieden schwerer fortzubewegen. Dies erklärt sich ohne Zweifel durch die Schlängelbewegung der Wege in geraden Strecken, durch die Reibung der Räder in den Curven und durch den Luftwiderstand.

Wenn alle Fahrzeuge eines Zuges mit gleicher Leichtigkeit laufen, d. h. denselben Zugwiderstand pro Tonne geben, so giebt ein an der Spitze des Zuges eingeschaltetes Dynamometer eine höhere Zugkraft pro Tonne an, als ein in der Mitte des Zuges eingeschaltetes Dynamometer und der Unterschied ist um so größer, je länger der Zug ist. Wenn aber die in den hinteren Theil des Zuges eingestellten Fahrzeuge einen größeren Zugwiderstand verursachen als die vorderen, so kann es sich ereignen, daß das an der Spitze des Zuges befindliche Dynamometer pro Tonne einen gleich großen oder geringeren Widerstand anzeigt, als dasjenige vor den hinten eingestellten Wagen. Man darf daher nicht darauf rechnen, daß das Dynamometer an der Spitze des Zuges jederzeit einen höheren Widerstand pro Tonne anzeigen werde, als ein Dynamometer vor dem hinteren Theile des Zuges, der von dem ersteren angegebenen Widerstand pro Tonne wird aber jederzeit höher sein, als das arithmetische Mittel der Angaben, welche für die beiden Theile des Zuges separat erhalten werden würden, und hieraus ergiebt sich schlagend, daß der Zugwiderstand mit der Länge des Convois zunimmt.

Hierüber wurde folgender Versuch angestellt.

Specialzug von Paris nach Niort und zurück im Juli 1857. Ganze Weglänge, hin und her, 820 Kilometer. Curven von 1000 Metern. Jede Hälfte des Zuges bestand aus 16 Wagen (8 offenen, 8 bedeckten) und war mit einem Dynamometer angehangen. Feste Schmiere.

Vorderer Theil 155,480 Tonnen Gewicht,
4,18 Kilogr. Widerstand pro Tonne,
Hinterer „ 161,490 Tonnen Gewicht,
3,75 Kilogr. Widerstand pro Tonne.

Da die beiden Zughälften aus ganz gleichen Wagen bestanden, so hätte sich für sie derselbe Zugwiderstand herausstellen sollen; die beobachtete Differenz rührt also von der Zuglänge her.

Beim Durchfahren von Curven kann dieser Unterschied je nach der Geschwindigkeit und dem Krümmungsradius noch größer werden, wie nachstehende Versuche beweisen.

Steigen und Curven.	Datum 1859.	Geschwindigk. Kilometer.	Gewicht. Tonnen.	Schmierung.	Wagenzahl.	Zugwiderstand pro Tonne.
Montauban nach Viviez . .	10. April	32	168,7	Oel und Talg	15	5,74 Kilogr.
	14. „	36	165,0	Oel	15	5,40
R = 350 Met., i = 5 ‰	16. „	32	140,8	Oel und Talg	14	6,06
	21. „	33	90,5	Oel	19	7,81
Viviez nach Auzits	10. April	19	93,2	Oel	15	17,80
R = 350 Met., i = 15 ‰	14. „	23	93,3	„	15	17,79
Capdenac nach Villeneuve .	20. April	25	218,0	Oel	24	12,55
R = 350 Met., i = 10 ‰	24. „	25	122,7	„	15	11,84

Bei dem Zuge zwischen Montauban und Viviez kann die zwischen den Zügen von 19 und 15 Wagen beobachtete Differenz abnorm erscheinen, es ist aber zu bemerken, daß der Zug mit 19 Wagen aus leeren Wagen bestand, und wir haben wiederholt bemerkt, daß leere Wagen einen größeren Zugwiderstand verursachen, als geladene, worauf wieder zurückzukommen sein wird.

3. Stärke der Ladung.

Es sind Versuche mit Zügen von verschiedener Stärke der Ladung, d. h. mit mehr oder weniger stark beladenen Wagen angestellt worden. Im Allgemeinen blieb bei mittleren Verhältnissen der Widerstand pro Tonne nahezu derselbe, wie stark auch die Ladung sein mochte, was sich theoretisch dadurch erklärt, daß der Reibungscoefficient für die Axbüchsen derselbe bleibt, wenn man sich nicht der Grenze zu sehr nähert, wo das Anfressen des Lagers (grippement) beginnt. Wenn man aber Wagen mit nahezu voller Ladung mit ganz leeren Wagen vergleicht, so haben wir wiederholt bemerkt, daß letztere pro Tonne eine merklich höhere Zugkraft in Anspruch nehmen, als voll beladene Wagen, und da dieses Factum bei gleichviel leeren und beladenen Wagen hervorgetreten ist, so muß man schließen, daß die Länge des Zuges nichts zur Erklärung dieses Unterschiedes beitragen kann.

Man kann sich diese Anomalie vielleicht durch die Annahme erklären, daß die Kasten der leeren Wagen einen minder stabilen Stand auf ihren Axbüchsen haben als diejenigen der vollen, und daß sie dieserhalb zu beträchtlicheren horizontalen und verticalen Oscillationen Anlaß geben.

Es folgen einige Beobachtungen mit leeren und beladenen Wagen bei gleicher Zahl der Fahrzeuge.

16 Juli 1867.

Zug von Paris nach Etampes und zurück. Feste Schienen.

17 leere Wagen,	Gewicht	77 Tonnen,	
	Zugkraft pro Tonne		4,52 Kil.
17 beladene „	„	217 Tonnen,	
	Zugkraft pro „		3,12 „
		Differenz	1,40 Kil.

Geschwindigkeit 25 Kilometer.

Als Gegenversuch, der sich noch mehr den Bedingungen des gewöhnlichen Betriebes näherte, wurden an einem Tage gleichzeitig ein Zug mit 35 beladenen Wagen und einer mit 60 leeren Wagen von Paris nach Orléans abgelassen.

24. Februar 1858.

	35 beladene Wagen,	60 leere Wagen.
Gewicht	396 Tonn.,	287 Tonnen,
Mittl. Zugkraft pro Tonne	3,92 Kil.	5,45 Kil.
„ „ im Ganzen	1555 „	1505 „
Geschwindigkeit	23 Kilometer,	22 Kilometer.

Hiernach betrug der Zugwiderstand bei 60 leeren Wagen beinahe ebenso viel als bei 35 beladenen, während der Unterschied pro Tonne 1,53 Kilogr. beträgt.

Dieser Unterschied ist also noch beträchtlicher, als bei dem zuerst angeführten Versuche, wobei allerdings die größere Länge des leeren Zuges ungünstig mitgewirkt haben mag.

Es ist hier nochmals auf die schon im 2. Abschnitte vorgeführten Versuche vom 10. und 21. April 1859 zurückzukommen.

	10. April 1859.	21. April 1859.
	15 beladene Wagen,	19 leere Wagen.
Gewicht	168,7 Tonn.,	90,5 Tonnen.
Mittl. Zugkraft pro Tonne	5,74 Kil.	7,81 Kil.
Geschwindigkeit	32 Kilom.	33 Kilom.

4. Zustand der Schienen.

Der Widerstand variirt mit dem Zustande der Schienen, je nachdem sie trocken oder feucht, besser oder minder gut in Stand gehalten sind.

Was die Feuchtigkeit anlangt, so hat man gefunden, daß der Widerstand auf feuchten Schienen geringer ist, als auf trocknen, jedoch ist der Unterschied weniger sichtlich. Es spielt hier die Feuchtigkeit keine so wichtige Rolle, als bei der Adhäsion der Locomotivräder, wo die gleitende Reibung in Frage kommt, während bei den Wagen nur die rollende Reibung zu berücksichtigen ist.

Hierüber ist blos ein directer Versuch anzuführen. Es ist das derselbe Zug von Paris nach Etampes und zurück, bei welchem mit Hilfe von Wasserfässern, die im Dynamometerwagen aufgestellt waren und einen Wasserstrahl auf die Schienen ergossen, für die Rückfahrt künstlich feuchte Schienen hergestellt wurden.

Die atmosphärischen Verhältnisse waren für beide Züge gleich. Trocknes Wetter, windstill, Juli 1857; auch die Geschwindigkeiten waren ziemlich gleich.

	Trockne Schienen.	Nasse Schienen.
	1. Juli 1857.	11. Juli 1857.
	35 beladene Wagen,	35 beladene Wagen.
Gewicht . . .	317 Tonnen,	317 Tonnen.
Feste Schmiere.		Feste Schmiere.
Zugkraft pro Tonne	3,95 Kil.	3,52 Kil.
Geschwindigkeit . .	23 Kilom.	23 Kilometer.

Es ergab sich hiernach, sowie bei anderweiten hierüber angestellten Versuchen nur ein geringer Unterschied für die Zugkraft, mochten die Schienen trocken oder feucht sein.

Was die Einflüsse des Zustandes der Bahn anlangt, so sind sie sehr variabel. Fehler in dem Legen der Schienen, Setzen des Terrains unter den Schwellen, Abnutzung oder Zerdrücken der Schienen, Beweglichkeit in den Lagern u. s. w.

sind alles Umstände, welche Stöße und Sprünge der darüber rollenden Fahrzeuge und somit vermehrte Widerstände verursachen können.

5. Art der Schmierung.

Die auf den Eisenbahnen üblichen Schmierungsvorrichtungen sind sehr verbessert worden und es ergeben daher auch die dynamometrischen Versuche eine wesentlich geringere Zugkraft pro Tonne, als in der ersten Zeit.

Bei der Orléansbahngesellschaft handelte es sich um die Vergleichung der bei dieser Bahn mit fester Schmiere geschmierten Wagen mit denjenigen, wo Oelschmierung stattfindet, und es werden im Nachstehenden mehrere Ergebnisse mitgetheilt.

1. August 1857. Paris nach Etampes und zurück.

Feste Schmiere.	Flüssige Schmiere.
16 Wagen, Gew. 194 Tonn.	16 Wagen, Gew. 188 Tonn.
Zugkraft pro Tonne 3,87 Kil.	2,22 Kilogramm.
Geschwindigkeit 24 Kilom.	24 Kilometer.

Da hieraus gefolgert werden konnte, daß bei flüssiger Schmiere die Schwere der Züge wesentlich vermehrt werden könne, so wurde der Versuch in einer den gewöhnlichen Zügen näher kommenden Weise wiederholt.

17. Juni 1859. Paris — Orléans.

Feste Schmiere.	Flüssige Schmiere.
35 Wagen, Gew. 317 Tonn.	42 Wagen, Gew. 391 Tonn.
Zugkraft pro Tonne 3,80 Kil.	2,60 Kilogramm.
Geschwindigkeit 25 Kilom.	23 Kilometer.

Im Allgemeinen ergab sich bei der Berechnung der verschiedenen Versuche, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen der Widerstand bei den mit fester Schmiere geschmierten Zügen sich um 1,2 Kilogr. pro Tonne höher herausstellte, als bei Oelschmierung, im Winter sogar um 1,8 Kilogr. höher. Es wurde weiter beobachtet, daß der Unterschied namentlich im Moment des Abfahrens bemerklich ist und sich nach Zurücklegung eines gewissen Weges vermindert, was sich durch das Warmwerden der Lager und das Flüssigwerden der Schmiere genügend erklärt.

Vorstehende Ziffern beziehen sich lediglich auf das Material der Orléansbahn, da aber auch viele Wagen der Südbahn mit in unsere Züge einrangirt werden, so mußten auch hierüber Versuche angestellt werden, welche nachstehende Ergebnisse geliefert haben.

10. Mai 1864. Paris nach Orléans.

Feste Schmiere (Südbahnwagen),	Oel (Orléansbahnwagen).
Raddurchmesser 0,9 Meter,	1,0 Meter.
20 Wagen, Gewicht 260 Tonn.,	20 Wagen, Gew. 225 Ton.
Zugkraft p. Ton. (horiz.) 3,00 Kil.	2,70 Kilogramm.
Geschwindigkeit 25 Kilom.	25 Kilometer.

17. November 1864. Périgueux nach Limoges.

Feste Schmiere (Südbahn),	Oel (Orléansbahn).
28 Wagen, Gewicht 380 Tonn.,	35 Wagen, Gew. 392 Ton.
Zugkraft p. Ton. (horiz.) 2,46 Kil.	2,41 Kilogramm.
Geschwindigkeit 25 Kilom.	30 Kilometer.

11. Jan. 1865. Périgueux nach Limoges. 13. Jan. 1865.

Feste Schmiere (Südbahn),	Oel (Orléansbahn).
28 Wagen, Gewicht 345 Tonn.,	28 Wagen, Gew. 340 Ton.
Zugkraft p. Ton. (horiz.) 3,05 Kil.	2,28 Kilogramm.
Geschwindigkeit 16 Kilom.	16 Kilometer.

Namentlich die letzteren Versuche mit gleichviel Wagen und gleich schweren Zügen sind durchschlagend. Der Unterschied des Zugwiderstandes beträgt 0,77 Kilogr. pro Tonne auf horizontaler Bahn, was indessen nicht ganz auf die Schmierung gerechnet werden kann, sondern zum Theil mit der Radhöhe zusammenhängt, indem die Räder der Orléansbahn 1,0, diejenigen der Südbahn blos 0,9 Meter Höhe besitzen. Es läßt sich annehmen, daß die Schmierung mit fester Schmiere bei guter Einrichtung und Wartung beim Gange ungefähr dieselben Resultate giebt, als die Oelschmierung und ich erwähne in dieser Beziehung einen im Jahre 1866 mit 20 Wagen der Orléansbahn und 20 Wagen der Westbahn abgeführten Versuch, bei welchem diese Wagen in einen und denselben Zug eingestellt, aber durch ein Dynamometer getrennt, also auch derselben Geschwindigkeit und Temperatur ausgesetzt waren.

5. März 1866. Trocknes windiges Wetter, 5 bis 10° C.

Paris nach Toury.

Orléansbahnwagen.	Westbahnwagen.
Oel.	Feste Schmiere.
20 Wagen, Gew. 234 Tonn.	20 Wagen, Gewicht 238 Tonn.
Raddurchmesser 1 Meter.	1 Meter.

1. Paris nach Saint Michel. 25 Kilom. Geschw.

Zugkraft pro Tonne (horiz.) 3,37 Kil.	2,8 Kil.

2. Saint Michel nach Etampes. 28 Kilom. Geschw.

Zugkraft pro Tonne (horiz.) 5,48 Kil.	0,99 Kil.

3. Etampes nach Guillerval. 20 Kilom. Geschw.

Zugkraft pro Tonne (horiz.) 3,94 Kil.	4,03 Kil.

4. Etampes nach Toury. 22 Kilom. Geschw. Sturm.

Zugkraft pro Tonne (horiz.) 4,93 Kil.	4,27 Kil.

Hiernach ist der Zugwiderstand bei den Wagen der Westbahn etwas geringer, als bei denjenigen der Orléansbahn, wobei zu bemerken ist, daß letztere nicht mit festen Läden, sondern mit Vorhängen geschlossen sind, also den Wind mehr auffangen. Gewisse Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der dynamometrischen Curven machen übrigens diese Ergebnisse etwas verdächtig. So wurde bei der Fahrt

von Saint Michel nach Etampes der Zugwiderstand nach den Angaben des Dynamometers an der Spitze des Zuges wiederholt niedriger gefunden als derjenige, welcher für den hinteren Theil des Zuges an dem Dynamometer in der Mitte abgelesen wurde, was nur durch einen Beobachtungsfehler zu erklären ist. Ueberhaupt giebt die gleichzeitige Anwendung von zwei Dynamometern weniger genaue Resultate, als die Methode mit einem Dynamometer an besonderen Zügen.

Als Hauptresultat ergab sich aber, daß die Oelschmierung stets vortheilhafter sei, als diejenige mit fester Schmiere und die Umformung der ehemaligen Arbüchsen in solche für Oelschmierung hat bei dem Schmierverbrauch und Kraftverbrauch Ersparnisse realisiren lassen. Hierüber enthält nachstehende Tabelle nähere Angaben.

6. Einfluß der Temperatur.

Bereits oben wurde erwähnt, daß im Sommer und wenn die Wagen einige Zeit in Gang sind, die feste Schmiere ebenfalls eine sehr gute Schmierung bewirkt und sich dabei kein höherer Zugwiderstand herausstellt, als bei Oelschmiere. Dagegen ist nicht zu leugnen, daß diese gute Wirkung im Winter verschwindet und sich merklich bei etwas kühler Witterung vermindert. Die Erfahrung hat schon längst erkannt, ohne des Nachweises durch ein Dynamometer zu bedürfen, daß im Winter bei fester Schmiere ein bedeutenderer Zugwiderstand stattfindet, als bei Oel und dieser Uebelstand macht sich selbst bei denjenigen Schmiermitteln fühlbar, welche ganz besonders für diese Jahreszeit berechnet sind.

Versuche, welche im December 1860 bei einer Temperatur von 4° über Null angestellt wurden, haben wiederholt bei fester Schmiere einen Zugwiderstand pro Tonne von mehr als 5 Kilogr. bei 25 Kilometer Geschwindigkeit nachgewiesen, obgleich die Schmiere die nachstehende Zusammensetzung besaß.

Ungereinigtes Colzaöl	55
Talg (suif) . . .	15
Wasser	28
Kohlensaures Natron	2
	100.

Im Sommer stieg die Menge des Talges bis auf 30 Procent, während nur 40 Proc. Colzaöl beigegeben wurden.

Bei Oelschmierung habe ich jedoch selbst bei der niedrigsten Temperatur für 25 Kilom. Geschwindigkeit auf horizontaler Strecke niemals über 3,5 Kilogr. Zugwiderstand beobachtet.

7. Steigungen und fallende Strecken.

Durch eine einfache geometrische Betrachtung ergiebt sich, daß bei einer geneigten Bahnstrecke eine Tonne Gewicht

Jahre.	Weg der Wagen in Kilometern p.	Zahl der Wagen in Dienst n.	Mittl. Weg eines Wagens $\frac{p}{n}$.	Zahl der Wagen mit fester Schmiere.	Zahl der Wagen mit flüssiger Schmiere.	Aufwand für Schmiermaterialien D Francs.	Aufwand pro 1000 Kilom. und Wagen $\frac{1000\,D}{p\,n}$ Francs.	Verbrauchte Materialien. Kissen. Stück.	Kissen. Frcs. a	Filz. Stück.	Filz. Frcs. b	Leder. Stück.	Leder. Frcs. c	Leichtflüssiges Metall. d	Gesammtaufwand pro Jahr D+a+b+c+d = D_1.	Gesammtaufwand pro Jahr u. Wagen $\frac{D_1}{n}$ Francs.
1858	154586511	8233	18776	3653	4580	150007	0,000117									
1859	186846208	8828	21165	1531	7297	145072	0,000080									
1860	189630174	8876	21607	1152	7624	139002	0,000079									
1861	218331187	9158	23840	1044	8114	186111	0,000093									
1862	224015437	10404	21531	983	9421	172757	0,000074									
1863	251625917	11316	22236	801	10517	139723	0,000049	14650	12897	37568	11747	15548	4820	476	169663	14,99
1864	280951333	11629	24159	491	11134	119824	0,000037	22821	21679	63061	20179	33472	8702	504	170888	14,69
1865	304394433	12428	24492	302	12126	131869	0,000035	28384	22471	41266	10888	27828	5435	554	171217	13,77
1866	355630344	13707	25938	99	13608	145196	0,000030	30037	23428	41398	11591	20151	5037	616	185868	13,56

durch eine Kraft von 1 Kilogramm für jedes Tausendtheil der Neigung getrieben wird, ein Satz, den die Erfahrung vollständig bestätigt hat.

Kennt man also den Zugwiderstand einer gewissen Wagengattung auf einer geneigten Strecke, so erhält man hieraus einfach den Widerstand für eine horizontale Strecke unter sonst gleichen Verhältnissen, wenn man von der zuerst gefundenen Kraft ebenso viel Kilogramme abzieht, als die Neigung der fraglichen Strecke in Millimetern pro Meter ausgedrückt beträgt, oder wenn es sich um eine steigende Strecke handelt, durch Hinzufügung derselben Zahl von Kilogrammen.

8. Art der Kuppelung.

Bei Personenzügen hat man die Gewohnheit die Kuppelungen anzuziehen, um dadurch die Schlängelbewegung zu vermindern und das Stoßen der Buffer gegeneinander zu vermeiden. Bei den Güterzügen, wo die Geschwindigkeit bedeutend geringer ist, fürchtet man diese Einflüsse nicht und findet die nicht angezogenen Kuppelungen aus folgenden Gründen zweckmäßiger.

Es ist nämlich das Abfahren des Zuges bei angezogenen Kuppelungen schwieriger, als bei losen, was leicht zu verstehen ist, da natürlich eine größere Kraft erforderlich ist, um mit einem Male der ganzen trägen Masse des Zuges Bewegung mitzutheilen, als um einzeln die träge Masse der verschiedenen Theile des Zuges zu überwinden.

Die Vergleichung der dynamometrischen Curven bestätigt diese Folgerung unzweifelhaft, indem sie sehr große Unterschiede zwischen der zur Ingangsetzung der Personenzüge erforderlichen Kraft und der Kraft bei der Abfahrt der Güterzüge nachweisen. Erstere steigt auf horizontaler Bahn bis zu 20 Kilogrammen pro Tonne, während bei Güterzügen der Kraftaufwand durchschnittlich 10 bis 12 Kilogr. pro Tonne bei der Abfahrt beträgt.

Allerdings wird bei der Abfahrt die Kraftentwickelung bisweilen übertrieben, da man danach strebt, dem Zuge eine größere lebendige Kraft mitzutheilen. Die Maschinisten lieben dies, um den Zug in Schwung zu bringen, und bei den Personenzügen ist dies in der That wegen der öfteren Zeitverluste durch Stillstände gerechtfertigt.

Beim Durchlaufen von Curven spielt ebenfalls die Art der Kuppelung eine große Rolle. Bei sehr scharf angezogenen Ketten ist der Widerstand ein erheblich höherer. Güterzüge, die meist sehr lang sind, erfordern dann einen sehr bedeutenden Kraftaufwand.

9. Fläche der Wagen. Stärke und Richtung des Windes.

Die Fläche der Wagen macht einen gewissen Einfluß auf den Zugwiderstand geltend, wenn die Geschwindigkeit 25 bis 30 Kilom. erreicht, oder bei windigem Wetter. Offene Wagen mit niedriger Ladung brauchen z. B. etwas weniger Kraft als bedeckte Gepäckwagen, jedoch zeigten die Versuchszüge, daß bei weniger als 35 Kilom. Geschwindigkeit und bei stiller Luft zwischen dem Zugwiderstande der offenen und bedeckten Güterwagen kein Unterschied wahrnehmbar wird.

Wenn der Wind eine gewisse Intensität besitzt, wird die Fortsetzung schwierig. Auf dem Plateau von Beauce, zwischen Etampes und Orléans, sind Güterzüge vom Winde bisweilen fast aufgehalten worden; Personenzüge haben eine beträchtliche Verzögerung erfahren.

Ich gebe hier eine Vergleichung, die sich bei einem directen Versuche ergeben hat und sich auf einen bei ruhiger Luft auf der Strecke Orléans — Etampes fahrenden Zug, sowie auf einen ebensolchen Zug bezieht, welcher auf derselben Bahnsection bei heftigem Winde von der Seite fuhr.

	7. Juli 1857.	25. Februar 1858.
	Ruhige Luft.	Heftiger Wind von der Seite.
	35 bedeckte Wagen.	desgl.
Gewicht	317 Tonnen.	363 Tonnen.
	Feste Schmiere.	Feste Schmiere mit Oel.
Zugwiderstand pro Tonne (Horiz.)	3,57 Kil.	4,95 Kilogramm.
Geschwindigkeit	23 Kilom.	23 Kilometer.

Man muß unterscheiden zwischen demjenigen Widerstande der Luft, welcher blos durch die Geschwindigkeit des Zuges hervorgerufen wird, und demjenigen, welcher durch einen zufälligen atmosphärischen Wind erzeugt wird. Letzterer ist sehr verschieden und seine Wirkung ist durch Versuche schwer nachzuweisen, weil die Richtung und Intensität der Winde alle Augenblicke sich ändert.

Was den Widerstand der Luft bei ruhigem Wetter anlangt, so haben wir denselben bei einer Reihe von Versuchszügen mittelst zweier Windfahnen untersucht, welche auf dem Wagen mit dem Dynamometer angebracht, und wovon die eine rechtwinkelig zum Geleise, die andere in der Richtung der Geleise aufgestellt war. Erstere zeigte die in der Richtung der Bahn ausgeübte Kraft oder mindestens ihre Resultante, während die zu den Seitenwänden der Wagen parallele Fahne die Resultante der seitlichen Luftströmungen anzeigte. Die Letztere gab bei ruhigem Wetter gar keine Anzeigen.

Die Abweichung der Fahnenflächen von der ursprünglichen Richtung, welche durch die Zusammendrückung von Federn von bekannter Kraft gemessen wurde, zeigte die Intensität der Luftströmung an, welcher sie ausgesetzt waren. Man bezog dieselbe auf die Fläche des ganzen Zuges, wofür nach Pambou[illegible] des ersten Wagens, ver-[illegible] rechnen ist.

Demgemäß hat man für einen Personenzug mit 8 Wagen als Fläche des Zuges anzusetzen:

$S = 18{,}58$ Quadratmeter.

Im nachstehenden Täfelchen sind einige Resultate über den lediglich aus der Geschwindigkeit des Zuges entspringenden Luftwiderstand zusammengestellt.

Geschwindigkeit der Züge.

15 Kilometer.	30 Kilom.	45 Kilom.	60 Kilom.
Gewicht: 167 Tonnen,	167 Tonnen,	73,5 Tonnen,	73,5 Tonnen.
15 Wagen,	15 Wagen,	8 Wagen,	8 Wagen.
Widerstand 29 Kilogr.,	67 Kilogr.,	48 Kilogr.,	66 Kilogr.
Pro Tonne 0,17 Kilogr.,	0,40 Kilogr.,	0,66 Kilogr.,	0,89 Kilogr.

Hiernach wächst der Widerstand der durch den Zug verdrängten Luft stärker als die Geschwindigkeit, aber noch nicht im quadratischen Verhältniß der Geschwindigkeit.

10. Einfluß der Geschwindigkeit.

Die Geschwindigkeit bewirkt eine sehr bemerkbare Steigerung des Zugwiderstandes.

Dieser Einfluß ist nicht immer in regelmäßiger Weise aus den dynamometrischen Curven zu erkennen, indem zu viele anderweite Einflüsse modificirend auf den augenblicklichen Widerstand einwirken. Wenn man aber den totalen Betrag der aufgewendeten Arbeit betrachtet, so erkennt man, daß unter sonst gleichen Umständen mit wachsenden Geschwindigkeiten auch eine Zunahme des Widerstandes verbunden ist.

Wenn bei den dynamometrischen Curven die Geschwindigkeit nicht in richtiger Beziehung zu dem gleichzeitig erforderlichen Kraftaufwande steht, so erklärt sich dies, wie schon bemerkt worden ist, aus dem Einfluß der lebendigen Kraft. Man muß daher entweder den mittleren Zugwiderstand mit der mittleren Geschwindigkeit vergleichen, oder hinreichend lange Perioden mit gleichbleibender Geschwindigkeit aufsuchen.

Wir geben nachstehend die Ergebnisse von speciell hierüber angestellten Versuchen mit fester Schmiere.

Güterzüge.

24. August 1859.	24. August 1859.
Choisy nach Paris.	Choisy nach Paris.
16 Wagen, Gewicht 158,65 T.	158,51 Tonnen.
Widerstand pr. Tonne (horiz.) 2,42 Kil.	3,60 Kilogramm.
Geschwindigkeit 15 Kilom.	15 Kilometer.

Von Paris nach Choisy.

16 Wagen, Gewicht 158,15 Tonnen,	158,51 Tonnen.
Widerstand pr. Tonne (horiz.) 4,28 Kil.,	4,35 Kil.
Geschwindigkeit 30 Kilom.	30 Kilometer.

Personenzüge. Paris nach Orléans.

2. September 1857.	10. September 1857.
16 Wagen, Gewicht 107 T.,	15 Wagen, Gew. 106 Tonnen.
Widerstand pro Tonne (horiz.) 6,67 Kil.	5,79 Kilogr.
Geschwindigkeit 45 Kilom.	45 Kilometer.

11. September 1857.	11. September 1857.
14 Wagen, Gewicht 96 Ton.,	13 Wagen, Gew. 96 Tonnen.
Widerstand pro Tonne (horiz.) 7,68 Kil.,	7,42 Kilogr.
Geschwindigkeit 45 Kilom.,	50 Kilometer.

2. September 1857.
10 Wagen, Gewicht 74 Tonnen.
Widerstand pro Tonne (horiz.) 8,72 Kilogr.
Geschwindigkeit 60 Kilometer.

Bei den Versuchen mit Oelschmierung wurden durchgängig bedeutend geringere Widerstände beobachtet, es zeigte sich aber trotzdem der unverkennbare Einfluß der Geschwindigkeit.

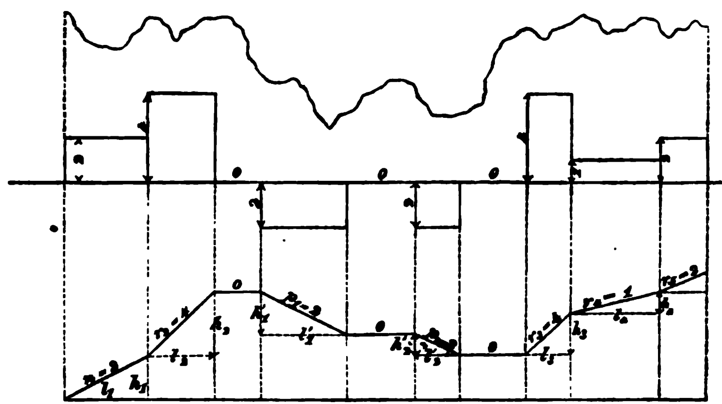
Es wurden derartige Beobachtungen in großer Zahl bei den verschiedensten Geschwindigkeiten angestellt und wir geben weiter unten die Versuchsdata der in den Jahren 1863 und 1865 zur Ermittelung der Abhängigkeit des Zugwiderstandes von der Geschwindigkeit angestellten Versuche.

Berechnung des Zugwiderstandes pro Tonne für horizontale Bahn.

Wenn die Curve gegeben ist, welche den Zugwiderstand pro Tonne repräsentirt, so stellt die Fläche dieser Curve die Arbeit dar, welche auf die Fortbewegung von 1 Tonne Last während des ganzen betrachteten Weges aufgewendet wird, und man erhält die mittlere Zugkraft, wenn man die Fläche der Curve mit dem ganzen zurückgelegten Wege dividirt. Um aber diesen mittleren Zugwiderstand auf denjenigen für horizontale Bahn zu reduciren, d. h. um den von dem Bahnprofile abhängigen Einfluß der Schwere zu eliminiren, muß von dem beobachteten Wi-

stand pro Millimeter Steigung 1 Kilogramm abgezogen und pro Millimeter Gefälle 1 Kilogramm hinzuaddirt werden.

Diese Regel ist richtig, wie verschiedenartig auch die Geschwindigkeiten während der Fahrt gewechselt haben mögen. Betrachtet man nachstehenden Holzschnitt, so erkennt man, daß sie graphisch dadurch ausgeführt wird, daß man aus den Längen der steigenden oder fallenden Strecken als Basen und den Millimetern der Neigung als Höhe Rechtecke construirt, wobei natürlich für die Höhen derselbe Maaßstab zu nehmen ist, als für die Ordinaten der dynamometrischen Curve, da die Zugkraft pro Tonne und die Wirkung der Schwere Kräfte derselben Art sind.



Steigende Strecken geben Rechtecke über der Abscissenlinie oder positive Ordinaten, fallende Strecken dagegen solche unter der Abscissenlinie, also negative Ordinaten und horizontale Strecken blos eine gerade Linie, welche mit der Abscissenaxe zusammenfällt, also keine Rechtecke.

Die Summe aller dieser Rechtecke, aufsummirt mit Rücksicht auf die Vorzeichen, repräsentirt die Arbeit, welche zur Ueberwindung der Schwere aufzuwenden gewesen ist und von der durch die dynamometrische Curve repräsentirten Bruttoarbeit pro Tonne abzuziehen ist.

Hierbei läßt sich aber eine Vereinfachung anbringen, welche viel Mühe erspart. Es läßt sich nämlich die algebraische Summe der an den verschiedenen Stellen des Profiles beschriebenen Rechtecke jederzeit durch ein einziges Rechteck ausdrücken, welches die ganze durchlaufene Weglänge als Basis und die mittlere Höhe der Rechtecke zur Höhe besitzt, und diese mittlere Höhe ist gleich der Differenz der Höhen der beiden Endpunkte des Profiles, dividirt durch die ganze Länge des Profiles.

Um diesen Satz zu beweisen, seien

$l_1, l_2, l_3 \ldots l_n$ die Längen der steigenden Strecken,
$l_1', l_2', l_3' \ldots l_n'$ " " " fallenden "
$h_1, h_2, h_3 \ldots h_n$ die Höhen der steigenden Strecken,
$h_1', h_2', h_3' \ldots h_n'$ " " " fallenden "

ferner

$r_1 = \frac{h_1}{l_1}$, $r_2 = \frac{h_2}{l_2} \ldots\ldots r_n = \frac{h_n}{l_n}$ die Steigungen der steigenden Strecken,

$-p_1 = \frac{h_1'}{l_1'}$, $-p_2 = \frac{h_2'}{l_2'} \ldots -p_n' = \frac{h_n'}{l_n'}$ das Gefälle der fallenden Strecken.

Die Werthe von $r_1, r_2 \ldots r_n$ und $p_1, p_2 \ldots p_n$ drücken in Kilogrammen den Widerstand pro Tonne aus, der durch das Gewicht des Zuges auf den steigenden und fallenden Strecken erzeugt wird, auf horizontalen Strecken übt die Schwere keinen Einfluß aus.

Ist nun

L die totale Länge der durchlaufenen Strecke,
L_1 die Summe der Längen der horizontalen Strecken,
S die Summe der von der Schwere herrührenden Widerstände oder die algebraische Summe der Rechtecke,
x die unbekannte Höhe desjenigen Rechteckes, dessen Fläche bei der Basis L der Summe S gleich ist,

so hat man

$$S = Lx = r_1 l_1 + r_2 l_2 + \ldots r_n l_n + L_1 . 0 - p_1 l_1' - p_2 l_2' - \ldots p_n l_n'$$

$$= \frac{h_1}{l_1} l_1 + \frac{h_2}{l_2} l_2 + \ldots \frac{h_n}{l_n} l_n - \frac{h_1'}{l_1'} l_1' - \frac{h_2'}{l_2'} l_2' \ldots - \frac{h_n'}{l_n'} l_n',$$

und daher

$$Lx = h_1 + h_2 + \ldots h_n - h_1' - h_2' - \ldots h_n'.$$

Die rechte Seite dieser Gleichung giebt aber nichts Anderes als die Differenz zwischen den Höhen der beiden Endpunkte der betrachteten Linie, und wenn wir diese mit H bezeichnen, so folgt

$$Lx = H, \quad x = \frac{H}{L},$$

was zu beweisen war.

Hiernach braucht man blos den Unterschied der äußersten Höhen zu nehmen und mit der Länge des ganzen Weges zu dividiren, um in Millimetern die durchschnittliche Neigung des Profiles zu erhalten, und diese Zahl von Einheiten stellt den von der Wirkung der Schwere herrührenden Widerstand pro Tonne für die ganze Strecke in Kilogrammen dar. Wird endlich dieser Widerstand vom mittleren, durch die Curve repräsentirten Bruttowiderstande pro Tonne abgezogen, so erhält man den Widerstand pro Tonne auf horizontaler Bahn.

Um die Fehlerquellen zu vermeiden, welche durch die Bremse herbeigeführt werden können, ist gewöhnlich auf geneigten Strecken, wo man den Regulator zu schließen

genöthigt ist, nicht mit dem Dynamometer gearbeitet worden. Man wird daher in den angehängten Tabellen finden, daß die Leistung des Motors jederzeit eine gewisse Zahl von Kilogrammen betragen hat.

Veränderungen des Widerstandes pro Tonne nach der Geschwindigkeit.

Um diese Veränderungen zu studiren, wurden Züge zusammengestellt, deren Gewicht sehr genau bestimmt war, und diese wurden mit verschiedenen Geschwindigkeiten über die Bahnstrecke von Paris nach Eguzon geführt. Ein zwischen die Maschine und den vordersten Wagen eingeschaltetes Dynamometer zeigte den in jedem Augenblicke in dem Hacken des Tenders stattfindenden Zug, und die Mittelwerthe dieser vom Dynamometer verzeichneten Zugkraft sind es, welche in den angehängten Tabellen in Abständen von 1 Kilometer notirt sind. Die Summe dieser partiellen Werthe der Zugkraft für einen ohne Aufenthalt zurückgelegten Weg ist dann mit der Länge des Weges in Kilometern dividirt worden, um den mittleren Zugwiderstand auf der zurückgelegten Strecke zu erhalten. Ebenso wurden die beobachteten Geschwindigkeiten summirt und mit der Zahl der zurückgelegten Kilometer dividirt, um diejenige mittlere Geschwindigkeit auf der Strecke zu erhalten, welche dem ermittelten mittleren Zugwiderstande entspricht. Hierbei ist, wie schon bemerkt, wegen der Steigungen der mittlere Zugwiderstand um 1 Kilogramm pro Millimeter Aufsteigen des mittleren Profiles vermindert worden.

Tabelle I. Maschine Nr. 130 (4 gekuppelte Räder).
Specialzug mit 15 Kilometer Geschwindigkeit.

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn.
7. Juli 1865. 15 Güterwagen, beladen, Gewicht 167,5 Tonnen.	Juvisy	20	13	750	Höhe bei Pfahl 20 = 41 Met., bei Pfahl 26 = 60,1 Met. Differenz 19,1 Met. Mittlere Steigung $\frac{19{,}20}{6000} = 0{,}00318$ Meter. Die mittlere Zugkraft der Strecke = 801 Kilogr. und pro Tonne $\frac{801}{167{,}5} = 4{,}78$ Kilogr. Hiervon ist abzuziehen für die Steigung 3,18 Kilogr., bleibt 1,6 Kilogr. pro Tonne und horizontale Bahn bei 14,6 Kilom. Geschwindigkeit.
		21	15	825	
		22	16	825	
		23	16	815	
		24	16	790	
		25	12	800	
	Saint Michel	26			
8. Juli 1863. 15 Güterwagen, Gewicht 167,5 Tonnen.	Etampes	56	20	715	Höhe von Pfahl 56 = 90,99 Meter, " " " 66 = 144,80 " — 53,81 Meter. Mittlere Neigung = $\frac{53{,}81}{10000} = 0{,}005381$ Met. Mittlere Zugkraft = 1133 Kilogr. und pro Tonne $\frac{1133}{167{,}5} = 6{,}77$ Kilogr. Hiervon ab 5,38 Kilogr., bleibt für horizontale Bahn und 14,3 Kilometer Geschwindigkeit 1,39 Kilogr. pro Tonne.
		57	13	1125	
		58	10	1650	
		59	16	1700	
		60	14	1412	
		61	13	1450	
		62	12	1375	
		63	14	1100	
		64	14	415	
		65	17	410	
	Guillerval	66			
9. Juli 1863. 15 Güterwagen, Gewicht 167,5 Tonnen.	La Ferté	144	10	869	Niveaudifferenz zwischen Pfahl 144 und 139 = 20 Meter. Mittlere Neigung = 0,004 Meter. Mittlere Zugkraft = 926 Kilogr. und pro Tonne 5,52 Kilogr. Hiervon ab 4,0 Kilogr. bleibt für 15 Kilom. Geschwindigkeit 1,52 Kilogramm.
		143	14	1125	
		142	17	1125	
		141	17	1038	
		140	19	475	
		139			
		130	16	275	Höhe vom Pfahl 122 über Pfahl 130 = 18 Met. Mittlere Neigung = 0,00223. Mittlere Zugkraft = 714 Kilogr. oder pro Tonne 4,26 Kilogr. Hiervon ab 2,23 Kilogr., bleibt für horizontale Bahn und 15,5 Kilom. Geschwindigkeit eine Zugkraft = 2,03 Kilogr. pro Tonne.
		129	15	455	
		128	16	480	
		127	18	512	
		126	14	1000	
		125	15	730	
		124	16	950	
		123	14	1313	
	Orléans	122			

Bezeichnung.	Endstationen.	Zugkraft in Kilogr.	Geschwindigkeit in Kilom.	Pfahlnummer.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn.
11. Juli 1863. 15 Wagen mit 167,5 Tonnen Gewicht.	Argenton	297	10	2000	Höhe von Pfahl 305 über 297 = 79 Met. Mittlere Neigung = 0,00987. Mittlere Zugkraft = 1831 Kilogr. oder pro Tonne = 10,93 Kilogr. Hiervon ab wegen der Steigung 9,87 Kilogr., bleibt für horizontale Bahn und pro Tonne 1,06 Kilogr. bei 14 Kilometer Geschwindigkeit.
		298	14	2000	
		299	14	1750	
		300	14	1925	
		301	15	1975	
		302	14	1850	
		303	15	1875	
		304	15	1275	
	Célon	305			
		306	17	1850	Höhe von Pfahl 323 über 306 = 112 Meter. Mittlere Neigung = 0,00659. Mittlere Zugkraft = 1331 Kilogr. oder pro Tonne 7,94 Kilogramm. Demnach Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn 7,94 — 6,59 = 1,35 Kilogr. bei 15,3 Kilom. Geschwindigkeit.
		307	15	1637	
		308	16	1200	
		309	13	1800	
		310	14,5	1850	
		311	13,6	1441	
		312	15,5	1063	
		313	14,5	1100	
		314	16	1350	
		315	14,5	1275	
		316	17	912	
		317	15	1200	
		318	16	1250	
		319	16	1225	
		320	15	1175	
		321	17	1175	
		322	13,6	1128	
	St. Sébastian	323			
		324	16	1188	Höhe von Pfahl 330 über 324 = 35 Meter. Mittlere Neigung = 0,00583. Mittlere Zugkraft = 1178 Kilogr., pro Tonne 7,03 Kilogr. Daher Zugkraft auf horizontaler Bahn pro Tonne 7,03 — 5,83 = 1,2 Kilogr. bei 15 Kilometer Geschwindigkeit.
		325	13,6	1275	
		326	17	1250	
		327	15,8	1175	
		328	14,5	1050	
		329	15	1128	
	Forgevieille	330			

Tabelle II. Dieselbe Maschine. Specialzüge mit 30 Kilometer Geschwindigkeit.

Bezeichnung.	Endstationen.	Zugkraft in Kilogr.	Geschwindigkeit in Kilom.	Pfahlnummer.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn.
7. Juli 1863. 15 Güterwagen, Gewicht 167,5 Tonnen.	Paris	0	20	790	Höhe von Pfahl 9 über 0 = 2,35 Meter. Mittlere Neigung der Bahn = 0,00037. Mittlere Zugkraft = 492 Kilogr. oder pro Tonne 2,93 Kil. Daher Zugkraft auf horizontaler Bahn pro Tonne 2,93 — 0,37 = 2,56 Kilogr. bei 27 Kilom. Geschwindigkeit.
		1	26	465	
		2	28	300	
		3	28	325	
		4	28	375	
		5	27	450	
		6	30	465	
		7	28	515	
		8	29	475	
	Choisy	9			
	Juvisy	20	27	775	Höhe von Pfahl 26 über 20 = 19,1 Meter. Mittlere Neigung der Bahn = 0,00318. Mittlere Zugkraft = 808 Kil. und pro Tonne = 4,82 Kil. Daher Zugkraft auf horizontaler Bahn pro Tonne 4,82 — 3,18 = 1,64 Kilogr. bei 29 Kilom. Geschwindigkeit.
		21	29	825	
		22	30	900	
		23	30	850	
		24	30	650	
		25	30	850	
	Saint Michel	26			

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn.
8. Juli 1863. 15 Güterwagen, Gewicht 167,5 Tonnen.	Etampes	56	30	1090	Höhe von Pfahl 65 über 56 = 53,71 Meter. Mittlere Neigung der Bahn = 0,00597. Mittlere Zugkraft = 1390 Kilogr., pro Tonne = 8,29 Kilogramm. Daher mittlere Zugkraft für horizontale Bahn pro Tonne = 8,29 — 5,97 = 2,32 Kilogr. bei 29 Kilometer Geschwindigkeit.
		57	30	1090	
		58	19	1425	
		59	19	1660	
		60	24	1900	
		61	30	1820	
		62	36	1620	
		63	36	1207	
		64	37	700	
	Guillerval	65			
11. Juli 1863. 15 Güterwagen, Gewicht = 167,5 Tonnen.	Argenton	295	23	1525	Höhe von Pfahl 322 über 295 = 207 Meter. Mittlere Neigung der Bahn = 0,00766. Mittlere Zugkraft 1660 Kilogramm. " " pro Tonne = 9,99 Kilogramm. Daher Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn 9,99 — 7,66 = 2,33 Kilogr. bei 25,7 Kilom. Geschwindigkeit.
		296	24	2020	
		297	26	2121	
		298	29	2125	
		299	31	2075	
		300	27	1725	
		301	21	1885	
		302	16	1775	
		303	15	1875	
		304	21	1630	
	Célon	305			
	Eguzon	317	31	1250	Zwischen den Pfählen 305 und 317 beträgt die mittlere Steigung 0,007. Für diese Distanz fehlt die dynamometrische Curve in Folge einer Unordnung am Apparate. Der Werth 2,33 Kilogr. ist also blos approximativ.
		318	33	1300	
		319	31	1255	
		320	28	1140	
		321	30	1200	
	St. Sébastian	322			
	St. Sébastian	324	29	1525	Höhe von Pfahl 328 über 324 = 24 Meter. Mittlere Neigung = 0,00600. Mittlere Zugkraft = 1409 Kilogr., pro Tonne = 8,41 Kilogr., daher für horizontale Bahn = 8,41 — 6,00 = 2,41 Kilogr. bei 32 Kilometer Geschwindigkeit.
		325	32	1455	
		326	34	1315	
		327	34	1340	
		328			

Tabelle III. Dieselbe Maschine. Specialzüge mit 45 Kilometer Geschwindigkeit.

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn.
9. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,509 Tonnen.	Paris	1	32	450	Höhe von Pfahl 9 über 1 = 2,7 Meter. Mittlere Neigung = 0,00034. Mittlere Zugkraft = 264 Kilogr., oder pro Tonne = 3,59 Kilogramm Daher mittlere Zugkraft pro Tonne auf horizontaler Bahn 3,59 — 0,34 = 3,25 Kilogr. bei 42 Kilometer Geschwindigkeit.
		2	40	325	
		3	42	275	
		4	45	310	
		5	48	310	
		6	48	200	
		7	43	120	
		8	38	120	
	Choisy	9			
	Juvisy	20	42	450	Höhe von Pfahl 27 über 20 = 22,6 Meter. Mittlere Neigung = 0,00327. Mittlere Zugkraft = 433 Kilogr., pro Tonne = 5,89 Kil. Daher auf horizontaler Bahn 5,89 — 3,27 = 2,62 Kilogr. bei 44 Kilom. Geschwindigkeit pro Stunde.
		21	43	400	
		22	42	425	
		23	48	500	
		24	44	450	
		25	46	385	
		26	43	420	
	Saint Michel	27			

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne und horizontale Bahn.
8. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.	Etampes	56	27	675	Höhe von Pfahl 65 über 56 = 53,71 Meter. Mittlere Neigung = 0,00597. Mittlere Zugkraft = 703 Kilogr., pro Tonne = 9,56 Kilogr. Daher für horizontale Bahn 9,56 — 5,97 = 3,59 Kilogr. bei 41 Kilometer Geschwindigkeit.
		57	42	700	
		58	45	775	
		59	38	850	
		60	41	825	
		61	45	900	
		62	45	850	
		63	47	450	
		64	43	300	
	Guillerval	65			
9. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.	La Ferté	144	40	790	
		143	43	715	
		142	51	800	
		141	50	570	
		140	56	445	
		139			
		130	54	150	Höhe von Pfahl 122 über 130 = 18 Meter. Mittlere Neigung = 0,00233. Mittlere Zugkraft = 434 Kilogr., pro Tonne 5,88 Kilogr. Daher mittlere Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn 5,88 — 2,33 = 3,55 Kilogr. bei 51 Kilom. Geschwindigkeit.
		129	51	150	
		128	45	290	
		127	50	430	
		126	50	625	
		125	51	600	
		124	58	625	
		123	52		
	Orléans	122			
	Argenton	296	41	1230	Höhe von Pfahl 315 über 296 = 160,5 Meter. Mittlere Neigung = 0,00844. Mittlere Zugkraft = 817 Kilogr., pro Tonne 11,11 Kilogr. Zugkraft pro Tonne auf horizontaler Bahn = 11,11 — 8,44 = 2,67 Kilogr. bei 38 Kilom. Geschwindigkeit.
		297	46	970	
		298	45	915	
		299	41	965	
		300	41	1015	
		301	46	1000	
		302	44	915	
		303	40	735	
		304	37	575	
		305	35	530	
	Célon	306	21	635	
		307	21	780	
		308	34	975	
		309	38	825	
		310	33	850	
		311	34	750	
		312	40	650	
		313	43	675	
		314	43	630	
		315			
	Eguzon	317	37	830	Höhe von Pfahl 322 über 317 = 33 Meter. Mittlere Neigung = 0,00660. Mittlere Zugkraft = 712 Kilogr., pro Tonne = 9,68 Kilogr. Daher Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn 8,68 — 6,60 = 3,08 Kilogr. bei 47 Kilom. Geschwindigkeit.
		318	45	860	
		319	52	760	
		320	52	585	
		321	48	525	
	St. Sébastien	322			
		324	35	740	Höhe von Pfahl 330 über 324 = 35 Meter. Mittlere Neigung = 0,00583.
		325	42	700	
		326			

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Mittlere Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn.
9. Juli 1663. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.		327	45	700	Mittlere Zugkraft = 677 Kilogr., pro Tonne = 9,21 Kilogr. und für horizontale Bahn 9,21 — 5,83 = 3,38 Kilogr. bei 45 Kilom. Geschwindigkeit pro Stunde.
		328	48	700	
		329	50	650	
	Forgevieille	330	50	575	

Tabelle Nr. 4. Dieselbe Maschine. Specialzüge mit 60 Kilometer Geschwindigkeit.

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Mittlere Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn.
7. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.	Paris	0	27	500	Höhe von Pfahl 9 über 0 = 1,26 Meter, daher mittlere Steigung 0,00014. Mittlere Zugkraft = 442 Kilogr., daher pro Tonne = 6,01 Kilogr. und für horizontale Bahn 6,01 — 0,14 = 5,87 Kilogr. bei 53 Kilometer Geschwindigkeit. Wegen der Kürze der Strecke und des erforderlichen starken Bremsens erscheint das Resultat unzuverlässig.
		1	39	500	
		2	48	500	
		3	57	500	
		4	58	510	
		5	62	545	
		6	63	450	
		7	63	430	
		8	60	265	
	Choisy	9			
	Juvisy	19	48	350	Höhe von Pfahl 27 über 19 = 25,6 Meter, daher mittlere Steigung = 0,00320. Mittlere Zugkraft = 543 Kilogr. oder pro Tonne = 7,45 Kilogr., daher pro Tonne und horizontale Bahn 7,45 — 3,20 = 4,25 Kilogr. bei 58 Kilometer Geschwindigkeit und vielen Curven à 1000 Meter Radius.
		20	58	475	
		21	60	590	
		22	62	580	
		23	60	590	
		24	55	600	
		25	58	600	
		26	63	600	
	Saint Michel	27			
8. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.	Etampes	56	38	875	Höhe von Pfahl 66 über 56 = 53,81 Meter, daher mittlere Steigung = 0,00538. Mittlere Zugkraft = 750 Kilogr., oder pro Tonne 10,2 Kilogr., daher pro Tonne und horizontale Bahn: 10,2 — 5,83 = 4,82 Kilogr. bei 54 Kilometer Geschwindigkeit und vielen Curven à 1400 Meter Radius.
		57	54	785	
		58	50	810	
		59	51	775	
		60	52	950	
		61	57	900	
		62	53	950	
		63	66	700	
		64	60	450	
		65	57	300	
	Guillerval	66			
9. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.	La Ferté	144	40	800	Höhe von Pfahl 122 über 144 = 11 Meter. Mittlere Neigung der Bahn 0,00050. Mittlere Zugkraft = 419 Kilogr., oder pro Tonne 5,7 Kilogr., daher Zugkraft pro Tonne auf horizontaler Bahn 5,7 — 0,50 = 5,20 Kilogramm. Geschwindigkeit = 61 Kilometer. Curven von 3000 Meter Radius.
		143	47	800	
		142	50	800	
		141	58	700	
		140	54	300	
		139	62	290	
		138	62	340	
		137	68	325	
		136	67	310	
		135	60	235	
		134	69	200	
		133	73	200	
		132	62	200	
		131	70	210	
		130	72	220	
		129	80	210	
		128	62	340	

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Mittlere Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn.
9. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.		127	65	490	
		126	66	465	
		125	60	490	
		124	65	585	
		123	60	710	
	Orléans	122			
10. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.	Argenton	295	32	1025	Höhe von Pfahl 305 über 295 = 94 Meter, daher mittlere Neigung = 0,00940. Mittlere Zugkraft = 1032 Kil., pro Tonne = 14,04 Kilogr. Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn: 14,04—9,40 = 4,64 Kilogramm. Geschwindigkeit im Mittel 51 Kilometer. Viele Curven von 1000 Meter Radius.
		296	45	1125	
		297	49	1200	
		298	54	1088	
		299	54	1050	
		300	54	1025	
		301	52	1088	
		302	56	1088	
		303	56	988	
		304	58	644	
	Célon	305			
11. Juli 1863. 8 Wagen, Gewicht 73,5 Tonnen.		306	37	1255	Höhe von Pfahl 323 über 306 = 112 Meter. Mittlere Steigung der Bahn = 0,00659. Mittlere Zugkraft = 781 Kilogr. desgl. pro Tonne = 10,63 Kilogr. Zugkraft pro Tonne auf horizontaler Bahn 10,63—6,59 = 4,04 Kilogramm. Mittlere Geschwindigkeit = 49 Kilometer. Curven von 1000 Meter Radius.
		307	48	1220	
		308	60	1040	
		309	58	905	
		310	52	930	
		311	55	970	
		312	55	705	
		313	57	690	
		314	50	685	
		315	52	725	
		316	50	800	
		317	58	700	
		318	53	650	
		319	51	600	
		320	32	445	
		321	29	740	
		322	32	210	
	St. Sebastian	323			
		324	52	1055	Höhe von Pfahl 331 über 324 = 39 Meter. Mittlere Steigung der Bahn = 0,00557. Mittlere Zugkraft = 753 Kil., pro Tonne = 10,24 Kilogr. Zugkraft für horizontale Bahn = 10,24—5,57 = 4,67 Kilogr. pro Tonne bei 61 Kilom. Geschwindigkeit.
		325	61	950	
		326	62	810	
		327	62	760	
		328	65	700	
		329	60	565	
		330	64	430	
	Forgevieille	331			

Tabelle V. Maschine Nr. 264, ohne gekuppelte Axen. Specialzüge mit 60 Kilom. Geschwindigkeit.

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Mittlere Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn.
4. März 1865. 12 Personenwagen, Gewicht 100 Tonnen.	Paris	0	10	865	Höhe von Pfahl 28 über 0 = 31,65 Meter. Mittlere Steigung = 0,00112. Mittlere Zugkraft = 643,5 Kilogr. „ „ pro Tonne = 6,436 Kilogr. Zugkraft für horizontale Bahn: 6,436—1,12 = 5,316 Kilogr. pro Tonne. Mittlere Geschwindigkeit 56 Kilometer.
		1	39	870	
		2	50	745	
		3	56	680	
		4	62	655	
		5	64	635	
		6	67	610	
		7	67	655	
		8			

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Mittlere Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn.
4. März 1865. 12 Personenwagen, Gewicht 100 Tonnen.	Paris	9	59	291	
		10	26	875	
		11	38	875	
		12	53	780	
		13	60	740	
		14	62	660	
		15	61	580	
		16	68	545	
		17	70	530	
		18	67	560	
		19	67	580	
		20	64	565	
		21	60	605	
		22	60	640	
		23	58	655	
		24	57	670	Zahlreiche Curven à 1000 Meter Radius.
		25	57	680	
		26	57	715	
		27	56	705	
		28	6	200	
	Saint Michel	29	16	1200	Höhe von Pfahl 55 über 28 = 21,89 Meter.
		30	46	1085	Mittlere Steigung = 0,00081.
		31	53	885	Mittlere Zugkraft = 595 Kilogramm.
		32	65	805	Mittlere Zugkraft pro Tonne = 5,95 Kilogramm.
		33	57	805	Zugkraft für horizontale Bahn = 5,95 — 0,81 = 5,14 Kil. pro Tonne.
		34	61	775	
		35	61	725	Mittlere Geschwindigkeit 62 Kilometer.
		36	60	690	
		37	67	512	
		38	67	400	
		39	70	440	
		30	70	480	
		41	67	480	
		42	67	355	
		43	64	380	Viele Curven von 1000 Meter Radius.
		44	62	400	
		45	60	450	
		46	63	500	
		47	69	512	
		48	79	475	
		49	69	475	
		50	70	500	
		51	80	550	
		52	63	525	
		53	64	538	
		54	60	575	
		55			
4. März 1865. 12 Personenwagen, Gewicht 100 Tonnen.	Etampes	56	31	1005	Höhe von Pfahl 88 über 56 = 45,30 Meter.
		57	42	915	Mittlere Steigung 0,00141.
		58	44	890	Mittlere Zugkraft = 646 Kilogramm.
		59	36	810	" " pro Tonne = 6,46 Kilogramm.
		60	33	1005	Zugkraft für horizontale Bahn pro Tonne:
		61	38	1275	6,46 — 1,41 = 5,05 Kilogramm.
		62	44	1200	
		63			

Bezeichnung.	Endstationen.	Pfahlnummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Mittlere Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne für horizontale Bahn.
4. März 1865. 12 Personenwagen, Gewicht 100 Tonnen.	Etampes	64	47	969	Mittlere Geschwindigkeit = 57 Kilometer.
		65	55	715	Viele Curven von 1400 Meter Radius.
		66	62	590	
		67	55	545	
		68	65	495	
		69	62	490	
		70	63	490	
		71	59	465	
		72	59	440	
		73	63	440	
		74	63	450	
		75	64	460	
		76	67	475	Fast durchaus geradlinig.
		77	70	480	
		78	71	490	
		79	68	505	
		80	68	505	
		81	61	500	
		82	67	500	
		83	70	500	
		84	80	550	
		85	60	475	
		86	70	505	
		87	65	430	
		88	36	100	
	Toury	89	24	800	Höhe von Pfahl 89 über 120 = 16,76 Meter.
		90	48	700	Mittlere Neigung 0,00052.
		91	56	605	Mittlere beobachtete Zugkraft 495 Kilogramm.
		92	61	655	" Zugkraft pro Tonne = 4,95 Kilogramm.
		93	60	715	Zugkraft für horizontale Bahn pro Tonne:
		94	64	690	4,95 + 0,52 = 5,47 Kilogramm.
		95	70	610	Mittlere Geschwindigkeit = 66 Kilometer.
		96	69	560	
		97	73	535	
		98	74	510	
		99	70	475	
		100	70	450	
		101	69	435	
		102	67	365	
		103	67	330	
		104	57	375	
		105	67	400	
		106	60	420	
		107	68	455	
		108	53	480	
		109	59	495	
		110	60	500	
		111	61	495	
		112	63	520	
		113	67	600	
		114	67	615	
		115	67	545	
		116	68	455	
		117	68	350	
		118	68	200	
		119	65	200	
	Orléans	120	65	200	

Tabelle VI. Maschine Nr. 205 mit zwei gekuppelten Axen. Specialzüge mit 60 Kilom. Geschwindigkeit.

Bezeichnung der Züge.	Endstationen.	Pfahl-nummer.	Geschwindigkeit in Kilom.	Zugkraft in Kilogr.	Berechnung der mittleren Zugkraft für horizontale Bahn.
4. Mai 1865.	Paris	4	52	1000	Höhe von Punkt 27 über 4 = 28,8 Meter.
14 Wagen,		5	54	935	Mittlere Steigung = 0,00123.
Gewicht		6	59	835	Mittlere Zugkraft = 886 Kilogramm.
142 Tonnen.		7	57	855	„ „ pro Tonne = 6,24 Kilogramm.
		8	54	925	Zugkraft für horizontale Bahn: 6,24 — 1,23 = 5,01 Kilogramm pro Tonne.
		9	61	890	Curven von 1200 und 1000 Meter Radius.
		10	60	790	Mittlere Geschwindigkeit 57 Kilometer pro Stunde.
		11	60	770	
		12	58	835	
		13	56	930	
		14	57	840	
		15	59	745	
		16	64	770	
		17	64	775	
		18	61	775	
		19	57	785	
		20	55	940	
		21	52	990	
		22	52	1080	
		23	55	1165	
		24	54	1085	
		25	53	1078	
		26	55	1280	
	Saint Michel	27			

Tabelle VII. Hauptzusammenstellung.

Maschine.	Versuchsstrecke.	Länge in Kilometern.	Mittlere Zugkraft für horizontale Bahn pro Tonne in Kilogr.	Product aus Weg mal Zugkraft in Kilogr.-Met.	Mittlere Zugkraft pro Tonne in Kilogr.	Mittlere Zuggeschwindigkeit in Kilometern pro Stunde.	Mittelwerth der Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde.
	Züge mit 60 Kilometer Geschwindigkeit.						
Maschine Nr. 130, Juli 1863.	Paris nach Choisy	7*	5,87*	45,78*		53*	
	Juvisy nach Saint Michel .	8	4,25	34		58	
	Etampes nach Guillerval . .	10	4,82	48,20		54	
	La Ferté nach Orleans . .	22	5,20	114,40	4,653	61	55
	Argenton nach Célon . . .	10	4,64	46,40		51	
	Célon nach Saint Sébastien .	17	4,04	68,68		49	
	St. Sébastien nach Forgevieille	7	4,67	32,69		61	
Maschine 264, 4. März 1865.	Paris nach Choisy	7	5,31	127,56		56	
	Choisy nach St. Michel . .	17					
	St. Michel nach Etampes . .	26	5,14	133,64	5,250	62	60
	Etampes nach Toury . . .	23	5,05	116,15		57	
	Toury nach Orléans . . .	27	5,47	147,69		66	
Maschine 205, 4. Mai 1865.	Paris nach St. Michel . .	23	5,10	117,30	5,010	57	57

Maschine.	Versuchsstrecke.	Länge in Kilometern.	Mittlere Zugkraft für horizontale Bahn pro Tonne in Kilogr.	Product aus Weg mal Zugkraft in Kilogr.-Met.	Mittlere Zugkraft pro Tonne in Kilogr.	Mittlere Zuggeschwindigkeit in Kilometern pro Stunde.	Mittelwerth der Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde.
	Züge mit 45 Kilometer Geschwindigkeit.						
Maschine Nr. 130, Juli 1863.	Paris nach Choisy	8	3,25	26,00	3,088	42	43
	Juvisy nach St. Michel . .	7	2,62	18,34		44	
	Etampes nach Guillerval . .	9	3,59	32,31		41	
	Pfahl 130 bis Orléans . .	8	3,55	28,40		51	
	Argenton nach Eguzon . . .	19	2,67	50,73		38	
	Eguzon nach St. Sébastien .	5	3,08	15,40		47	
	St. Sébastien nach Forgevieille	6	3,38	20,28		45	
	Züge mit 30 Kilometer Geschwindigkeit.						
Maschine 130, Juli 1863.	Paris nach Choisy	9	2,56	23,85	2,264	27	29
	Juvisy nach St. Michel . .	6	1,64	9,84		29	
	Etampes nach Guillerval . .	9	2,32	20,88		29	
	Argenton nach St. Sébastien	27*	2,33*	62,91*		26*	
	St. Sébastien bis Pfahl 328	4	2,41	9,64		32	
	Züge mit 15 Kilometer Geschwindigkeit.						
Maschine 130, Juli 1863.	Juvisy nach St. Michel . .	6	1,60	9,60	1,435	14,6	15
	Etampes nach Guillerval . .	10	1,39	13,90		14,3	
	La Ferté bis Pfahl 139 . .	5	1,52	7,60		15	
	Pfahl 130 bis Orléans . .	8	2,03	16,24		15,5	
	Argenton nach Célon . . .	8	1,06	8,48		14	
	Célon nach St. Sébastien .	17	1,35	23,12		15,3	
	St. Sébastien nach Forgevieille	6	1,20	7,20		15	

In der vorstehenden Tabelle dient das Product aus der am Dynamometer beobachteten Zugkraft in den zurückgelegten Weg zur Berechnung der mittleren Zugkraft pro Tonne, indem die Summe der erwähnten Producte durch die Summe der zurückgelegten Wege dividirt ist; und durch diese Berechnungsart erhält jede Beobachtung den ihr nach der Länge des durchlaufenen Weges gebührenden Werth.

Die mit einem * bezeichneten beiden Beobachtungen sind bei dieser Berechnung nicht mitbenutzt worden.

Wird aus den gefundenen mittleren Zugwiderständen und Geschwindigkeiten eine Curve verzeichnet, indem Letztere als Abscissen, Erstere als Ordinaten aufgetragen werden, so erhält man eine gegen die Abscissenaxe convexe Curve, welche aber von 15 bis 43 Kilometer Geschwindigkeit als gerade Linie angesehen werden könnte. Die Zugwiderstände wachsen also in etwas höherem Grade als die Geschwindigkeiten.

Beschreibung des in der Marne zu Joinville im Jahre 1867 erbauten Wehres.

Von

M. Malézieux, Ingénieur des ponts et chaussées.

[Nach einem Aufsatze in den Annales des ponts et chaussées*).]

(Hierzu die Doppeltafeln 19—20 und 21—22.)

Das zu Joinville (7 Kilometer von Paris) erbaute Wehr ist das letzte derjenigen, die zur Verbesserung der Marneschifffahrt zwischen Dizy und der Seine angelegt worden sind, und es konnten bei diesem manche nützliche Aenderungen, welche durch die Erfahrung bei den übrigen 13 Wehren der Flußstrecke sich als wünschenswerth herausgestellt hatten, eingeführt werden. Dieses Bauwerk repräsentirt das vollendetste Stadium des beweglichen Wehrsystems vom Inspecteur général Louiche-Desfontaines; die Details sind unter seiner Aufsicht bearbeitet worden. Der Tod des Erfinders, welcher am 10. October 1867 erfolgte, ging blos um einige Wochen der Beendigung der Arbeiten voraus.

§. 1. Doppelte Aufgabe des Wehres. — Allgemeine Anordnung.

Es existirte zu Joinville bereits seit 40 Jahren ein Wehr in der Marne, das zum Zwecke des Wasserstaues im Canal Saint-Maur bis zu einer Minimalhöhe von 1,50 Meter, sowie zur Beschaffung der nöthigen Wasserkraft für die an den Ufern anzulegenden wichtigen Etablissements erbaut war. Die Bedürfnisse der Schifffahrt hatten sich unterdeß bedeutend verändert und man dachte daher zunächst daran, das alte Wehr um 0,60 Meter zu erhöhen, was zur Beschaffung einer Wassertiefe des Flusses von 1,60 Meter zwischen der oberen Mündung des Canales Saint-Maur und der unteren Mündung des Chelles-Canales genügt hätte. Die Stadt Paris war jedoch unterdeß Besitzerin der Fabrikanlagen in Saint-Maur geworden und wollte nunmehr die bewegende Kraft zur Hebung des Marnewassers zum Zwecke der Speisung der Vincenner Teiche, sowie der hochgelegenen Theile der Hauptstadt verwenden. Die Stadt verlangte daher, indem dieselbe sich an den Kosten betheiligen wollte, daß die Vergrößerung der Höhe für das Wehr zu Joinville bis zu 1 Meter getrieben werde. Eine derartige Wasserhöhe entsprach ungefähr der obersten Grenze, die man ohne bedeutende Unzuträglichkeiten, wenn auch nicht in Bezug auf die Ueberschwemmung der Ufer, so doch mit Berücksichtigung der Ladungshöhe der auf dem Saint-Maur-Canal circulirenden Kohlenboote als zulässig erachten konnte. Die Vorschläge der Stadt wurden vom Staate angenommen.

Für das neue Wehr bestand demnach eine Hauptbedingung in der Sicherung der möglichsten Regelmäßigkeit für den Betrieb der wichtigen städtischen Anlage. Andererseits war es für die Schifffahrt von Wesenheit, daß man bei Hochwasser letzterem auch den nöthigen Abfluß gestatte. Endlich mußte auch auf die Verordnung vom 9. August 1864 Rücksicht genommen werden, welche die Stadt Paris autorisirte, aus der Marne zu Joinville einen halben Cubikmeter pro Secunde zu entnehmen, und feststellte, daß in dem sogenannten tour de Marne, einem großen Bogen, den der Fluß auf eine Länge von 13 Kilometern von einem bis zum andern Ende des Canales Saint-Maur bildet, stets ein Minimalvolumen von 5 Cubikmetern enthalten sein solle.

Um diesen neuen Bedingungen mit Sicherheit zu genügen, hätte man das alte Wehr fast ganz umbauen müssen. Man hielt es für vortheilhafter, ein neues zu construiren.

Der Ort für dasselbe wurde durch 2 verschiedene Gesichtspunkte bedingt: zunächst wollte man, nach einer von Desfontaines bei allen Wehren der Marne befolgten Regel, eine (möglichst) hochgelegene Stelle der Flußsohle wählen, um die Tiefe der Gründungen zu vermindern; ferner wollte man das Wehr auf der Niederwasserseite dieser Hochstelle anordnen, um möglichste Wassertiefe im Flusse zu erzielen; endlich bildete man, indem man das neue Wehr 420 Meter unterwärts des alten anlegte, zwischen dem ersteren und dem Eingange des Canales Saint-

---

*) Die angefügten Tafeln sind nach den für die Ecole impériale des ponts et chaussées gemachten und vom Verfasser gütigst zur Benutzung überlassenen Detailszeichnungen gefertigt worden.

Maur ein 5 Hektare messendes Reservoir ruhigen Wassers, das sich besonders als Stationirungsplatz für die Boote eignete, welche von dort zu jeder Zeit mit Leichtigkeit durch den Saint-Maur- oder Saint-Maurice-Canal nach Paris hinunterfahren können.

Die Wichtigkeit des erwähnten Marnebogens in Bezug auf Schifffahrt und Flößerei ist jetzt fast zu Null reducirt, seitdem die letzten 4 Kilometer des Flusses mit so großem Vortheile durch den Saint-Maur-Canal ersetzt werden. Man hat daher bei der Anordnung des neuen Wehres sich darauf beschränkt, den im alten Wehre existirenden Durchlaß von 12 Meter Breite und einer Tiefe der Grundschwelle von 0,50 Meter unter dem niedrigsten Unterwasserstande zu reproduciren. Was den festen und hauptsächlichsten Theil des alten Wehres anlangt, so wurde derselbe um einen Meter verkürzt, und indem man seine Krone um 0,10 Meter erniedrigte, schaffte man für das Hochwasser den nöthigen Abfluß.

Das neue Wehr zu Joinville besteht also in der Hauptsache aus einem, sich an das linke Ufer anschließenden Durchlasse von 12 Meter Breite und einem festen Wehre von 63 Meter Länge, auf welchem sich bewegliche Aufsätze von 1,10 Met. Höhe befinden, deren obere Kante 2,50 Met. höher als der Scheitel des Saint-Maurice-Canal liegt. Rechnet man noch die beiden Widerlager und den breiten Zwischenpfeiler, welcher das Wehr vom eigentlichen Durchlasse trennt, hinzu, so bildet das Ganze eine Länge von 100 Metern.

Die Höhendifferenz zwischen Ober- und Niederwasser beträgt 2,16 Meter.

Zu Anfang December 1867 befand sich die städtische Anlage zu Saint-Maur mit Ausnahme der Niederwasserzeit im Besitze von 5 Meter Wasserdruckhöhe und von 680 nutzbaren Pferdekräften.

§. 2. Abänderung der beweglichen Theile gegen das ursprüngliche Project.

Es schien zunächst natürlich, für das Wehr zu Joinville dieselben beweglichen Theile, wie für die oberhalb liegenden Wehre, anzuordnen. Der Durchlaß sollte demnach mittelst Thore, die sich um Stützen drehen, welche selber um ihre Fußpunkte drehbar sind*), geschlossen werden. Das Wehr sollte nach der neuesten, vervollkommneten Form des Systemes Desfontaines mit Flügeln und Stützstreben, die an der Unterwasserseite der ersteren mittelst eines Gelenkes befestigt sind und dieselben in halb gehobener Stellung erhalten können, construirt werden. Andererseits wollte man, um Besichtigungen und Reparaturen der beweglichen Theile ohne Senkung des Stauwassers vornehmen zu können, das Wehr durch Zwischenpfeiler, die wie bei dem Durchlasse zur zeitweiligen Aufnahme tannener Dammbalken einzurichten wären, in einzelne Oeffnungen à 12 Meter theilen. So lauteten die Anordnungen des vom Ministerium am 9. Juni 1865 genehmigten Projectes.

Unterdeß hatten die in jenem Jahre beendeten 9 Wehre ihren regelmäßigen Dienst begonnen und es zeigten sich bald bei denselben manche Unzuträglichkeiten, die eine stets wachsende Besorgniß erregten. In dem Durchlasse kamen Brüche der Eisentheile vor, die Ausrückungsstangen wollten sich nicht verschieben. Das Aufheben der Thore war hauptsächlich gegen das Ende hin eine mühsame Arbeit. Manches Thor schlug lange nach beendetem Schlusse des Durchlasses wieder nieder, weil die Streben desselben sich blos mangelhaft gegen die Stützplatten angestemmt hatten; man mußte daher die obere Strecke außer Betrieb setzen, um die Thore wieder zu heben. Außerdem hatte sich die Wasserhöhe am Abschußboden zufälligerweise etwas gesenkt, so daß nunmehr die niedergehenden schweren, aus Holz und Eisen construirten Thore mit voller Wucht aufschlugen und bedeutende Erschütterungen zu erleiden hatten. Zu Damery wurde ein Thor von einem darüber weggehenden Boote aufgehoben und aus den Angeln gerissen.

Wir wollen hier weder das System der Kippthore kritisiren, noch untersuchen, ob die erwähnten Mißstände nicht durch gewisse specielle Vorkehrungen, oder durch eine größere Genauigkeit bei der Verlegung und Adjustirung der Theile zu umgehen gewesen wären. Wir glauben jedoch, daß dieses geistreiche, aber complicirte System für die Marne, als einen Fluß ohne rasche Anschwellungen und mit blos mäßigen zulässigen Stauhöhen, von bestreitbarem Vortheile ist.

Auf Grund des Obigen hat man vorgeschlagen, bei der Construction des Durchlasses zu Joinville auf das so einfache und rationelle System des Inspecteur général Poirée umsomehr zurückzugehen, als die Stauhöhe hier blos 2,16 Meter beträgt.

Man könnte die Langsamkeit und die Gefahr bei dem Hantiren mit den Nadeln entgegenhalten; man hat jedoch andererseits zu berücksichtigen, daß der Durchlaß zu Joinville gar nicht zum Reguliren des Hochwassers dient, da außer dem Abflusse über die 63 Meter lange Oberkante der Wehrflügel noch durch das Niederlegen einer beliebigen Anzahl von Flügeln ein vermehrter Abfluß geschaffen werden kann. In den seltenen Fällen, wo man Boote den Durchlaß passiren lassen will, wird man damit beginnen, sämmtliche Wehrflügel niederzulegen. Außerdem wird man die Nadeln blos kurz vor der Zeit, wenn man bedeutendere Hochwässer erwartet, die zu Ueberschwemmungen Veranlassung geben können, zu entfernen haben. Aber auch in diesem Falle wird der durch den Wehrabfluß bedeutend geminderte Stau blos einen sehr geringen Widerstand den Nadeln entgegensetzen. Auf diese

*) System Chanoine-Carro.

Weise ergänzen sich die beiden Systeme der Herren Desfontaines und Poirée in der harmonischsten Weise und diese Combination ist vielleicht im Principe diejenige, welche die allgemeinste Anwendung behufs Amelioration unserer Flüsse zuläßt.

Das ursprüngliche Project für das Wehr zu Joinville wurde demnach in diesem wichtigen Punkte abgeändert. Die ministerielle Genehmigung vom 12. Juli 1866 autorisirte noch einige andere Detailveränderungen, von denen folgende die wichtigsten sind: 1) Weglassung der Stützstreben für die Wehrflügel, 2) Weglassung der Zwischenpfeiler, die zur eventuellen Stützung der Dammbalken dienen sollten, und die Substitution von kleinen Böcken hierfür, gegen welche sich kleinere Einsatzbohlen von nur 3 Meter Länge stützen.

§. 3. Allgemeine Beschreibung des eigentlichen Wehres.

Das Flügelsystem des Herrn Desfontaines' ist jetzt noch wenig bekannt, obgleich dasselbe am Wehre zu Dammery seit 1857 und am Wehre zu Courcelles seit 1861 mit vollem Erfolge functionirt, so daß es vielleicht nicht überflüssig sein dürfte, hiervon wenigstens eine summarische Beschreibung zu geben. Um jedoch die Anordnung des mitten im Flusse befindlichen Bauwerkes klarer auseinanderzusetzen, mag hier flüchtig die Bauführung des Wehres zu Joinville vom Monate Juni bis zum Monate November 1867 beschrieben werden.

Das Wehr ist von zwei, 8 Meter voneinander entfernten Spundwänden, die mit Leitpfählen und Holmzangen versehen sind, gefaßt. Die Zangen auf der Oberwasserseite liegen in der Höhe der festen Wehrkrone, 1,10 Meter unter dem Oberwasserniveau; die auf der Unterwasserseite befindlichen Zangen sind in gleicher Höhe mit dem niedrigsten Wasserstande (welcher, angenähert, für einen Abfluß von 5 Cubikmetern pro Secunde bestimmt worden ist). Die Spundwände sind eingetrieben worden, nachdem die Ausbaggerung des Grundes sowohl für den Fundirungsbeton, als auch für die gegen Unterwaschung Schutz bietenden Grubenvertiefungen von 1 Meter Mehrtiefe und 0,50 Meter Sohlenbreite hergestellt war.

Die Ausbaggerungstiefe für den mittleren Theil bestimmte Herr Desfontaines mit Berücksichtigung einerseits der möglichen Infiltrationen, andererseits der Kosten. Als Minimum für die Betondicke unter der 0,40 Meter dicken Steinplatte, welche den Fuß des Abfallbodens bildet und in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes liegt, nahm er 1,20 Meter an. Ferner empfahl er die Betonlage soweit zu vertiefen, bis dieselbe circa 0,50 Meter in dem natürlichen Flußgrunde zu liegen käme.

Entgegengesetzt der Meinung einiger Ingenieure ordnete er nicht die Ausfüllung mit Gerölle an, weil er meinte, daß der Durchgang des Wassers zwischen den einzelnen Geröllzwischenräumen schließlich den Gleichgewichtszustand des letzteren modificirt und leere Räume schafft, die für das darüber befindliche Mauerwerk gefährlich werden können. Trotz der Vorsicht, auf hoch gelegenen Flußbettstellen zu gründen, war man doch oft genöthigt, die Dicke der Betonschicht über 1,20 Meter deshalb anzunehmen, weil die während der ersten Bauperiode auf eine Flußhälfte beschränkten Wassermassen hier die natürliche Sohle tiefer wuschen, bevor die zweite Hälfte des Baues begonnen werden konnte.

Diese Dicke hatte in den früher construirten Wehren 1,35 Meter nicht überschritten. Zu Joinville mußte jedoch wegen außergewöhnlicher Hochwässer die mittlere Betondicke zu 1,60 Meter angenommen werden.

Es sollte nunmehr eine Betonfläche von 8 Metern Breite und circa 63 Metern Länge hergestellt werden. Erst dachte man zu Joinville in ähnlicher Weise wie bei den übrigen, oberhalb gelegenen Marnewehren, die in den trockenen Jahren 1863, 1864 und hauptsächlich 1865 erbaut worden waren, zu verfahren. Man hatte zu diesem Zwecke 2 schmale Betonfangdämme auf der Betonplattform selbst aufgeführt. Aber schon im Jahre 1866 blieb der Wasserstand des Flusses ziemlich hoch; die ersten Betongüsse wurden durchbrochen und der Bauplatz erlitt im September und October eine vollständige Umwälzung. Bis Mitte Juli 1867 mußte man auch für die neue Campagne fürchten und es führte diese Furcht zu dem Entschlusse, außerhalb der Spundwände zwei große Erdfangdämme, und zwar den einen auf der Seite des Unterwassers, den andern auf der Seite des Oberwassers aufzuführen.

Unter dem Schutze dieser Fangdämme errichtete man auf dem Beton einen Mauerwerkskörper, in dessen Innerem ein centraler leerer Raum, eine Art geschlossenen Kastens von 2,12 Meter oberer Breite, von einem Ende des Wehres bis zum andern durchging. Der Querschnitt dieses leeren Raumes zeigt einen Viertelkreis mit einem sich daran schließenden, mehr hohen als breiten Rechtecke. Der Viertelkreis liegt flußauf-, das Rechteck flußabwärts. Die beiden Ränder der Vertiefung sind durch zwei Quaderreihen gebildet und zwar liegt die dem Oberwasser zugekehrte 1,10 Meter unter dem Stauwasserniveau, indem sie die feste Wehrkrone bildet; die untere Quaderreihe liegt 0,12 Meter tiefer und bildet den Anfang des krummlinigen Abschußbodens, über welchen das Wasser abfließt. Ist diese Vertiefung im Mauerwerke in einer Länge von 63 Meter gut hergerichtet, so theilt man dieselbe durch Einsetzen von großen gußeisernen Platten (Diaphragmen) in Abtheilungen oder Trommeln von 1,50 Meter ein. Jede dieser Diaphragmen ragt an dem ganzen Umfange der Vertiefung 0,08 Meter in das Mauerwerk

herein und ist mit 2 großen Oeffnungen versehen: die eine liegt auf der Oberwasserseite im obern Theile des Viertelkreises und ist mehr breit als hoch — wir wollen dieselbe die horizontale Oeffnung nennen; die andere ist auf der Unterwasserseite angebracht und hat mehr Höhe als Breite — wir nennen dieselbe die verticale Oeffnung. Die letztere ist groß genug, um gebückt durch dieselbe hindurchgehen und so die Arbeiten besichtigen zu können.

In jede Trommel kommt nun ein großer, schmiedeeiserner Flügel, in der Mitte mit einem Gelenke versehen. Dieses Gelenk ist eine Art gußeiserner Röhre, durch welche eine lange schmiedeeiserne Axe von einem Ende bis zum andern hindurchgeht. Dasselbe wird mit seinen Enden auf die beiden Diaphragmen und zwar mehr flußabwärts, in der Höhe der Oberwasserquaderreihe gelegt. Der Flügel selbst ist aus 3 starken Rippen von 2,41 Meter Gesammthöhe und aus 2 Blechtafeln von 5 Millim. Stärke gebildet. Die Rippen gehen durch das Gelenk durch, indem dieselben hier kleine Naben bilden, welche die Drehaxe umgeben. Der Theil des Flügels über der Axe bildet den Oberflügel (hausse), der in der Trommel befindliche Flügeltheil möge Unterflügel (Contre-hausse) heißen.

Der Flügel kann blos einen Viertelkreis beschreiben, insofern der Oberflügel entweder vertical steht, oder sich horizontal hinstreckt. Der Unterflügel nimmt entsprechende, jedoch nicht identische Stellungen ein, da derselbe nicht die directe Verlängerung der Oberflügelrichtung bildet, sondern vom Gelenke an sich scharf um den Betrag von 0,42 Meter flußabwärts zurückbiegt und nunmehr erst parallel zum Oberflügel fortgeht. Durch diese Verkröpfung wird bezweckt, daß, wenn der Oberflügel niedergelassen ist, der Unterflügel sich nicht über, sondern unter der horizontalen Oeffnung und zwar in der Höhe der Unterkante derselben befindet. Wenn dagegen der Oberflügel vertical steht, so correspondirt die flußabwärts gekehrte Fläche des Unterflügels mit der verticalen, flußaufwärts gerichteten Kante der verticalen Diaphragmenöffnung. Die Bewegung des Unterflügels (und folglich auch des ganzen Flügels) wird in dieser zweiten Stellung begrenzt: zunächst durch eine hölzerne Schwelle, gegen welche sich der untere Rand des Unterflügels anlegt, ferner durch zwei, an den Diaphragmen angebrachte und den geschwungenen Seitenrändern des Unterflügels entsprechende Rippen, und endlich durch eine dritte, horizontale Rippe unter der Röhre des Gelenkes, gegen welche der Unterflügel sich mit seiner Oberkante anlegt. Bei der Viertelkreisdrehung bestreicht demnach der Unterflügel mit seinen Kanten die ebenen Wände der Diaphragmen, sowie die cylindrische Fläche des Mauerwerkes, wobei zwischen denselben höchstens 4 Millimeter Luft bleibt. Die gußeisernen Seitenwände sind diesem Zwecke entsprechend abgehobelt, während das Sandsteinmauerwerk mit einer Portlandcementschicht überdeckt und ausgeglichen ist. Wenn der Unterflügel in der der Stauung entsprechenden Stellung sich befindet, so legt er sich demnach mit seinen 4 Rändern an 4 vorspringende Rippen an und schließt den Wasserdurchfluß um so wirksamer ab, als die Dichtheit der Fugen durch 4 auf der Rückseite des Flügels befestigte Kautschukstreifen erhöht wird. In jeder anderen Stellung des Unterflügels geht zwischen seinen Rändern und den Trommelwandungen etwas Wasser durch.

Jede Trommel wird also durch den Unterflügel in 2 Kammern von variabelem Inhalte getheilt. Jede dieser Kammern wird oben durch eine große horizontale Platte geschlossen, deren Ränder auf der Quaderschicht des Mauerwerkes, auf den beiden Diaphragmen und auf der horizontalen Rippe des Gelenkes auflagern. Durch diese Verbindung wird auch das Gelenk selbst in seiner Lage erhalten.

Hiermit ist das Wehr vollendet und es zeigt, von oben gesehen, folgende Gestalt: zunächst kommt eine, durch Zangenhölzer gefaßte Pfahlreihe in einer Tiefe von 1,10 Meter unter dem Oberwasser, dann ein breiter Quaderstreifen, welchem eine feste, schmiedeeiserne Platte, die die flußaufwärts gelegene Trommelkammer abdeckt, folgt; dann wird der Flügel, welcher sich auf die, dem Unterwasser zugekehrte Kammerdeckplatte niederlegen kann, sichtbar, wonach eine zweite Quaderreihe, als Anfang des krummlinigen Abschußbodens folgt. Letzterer endlich erstreckt sich bis zu der zweiten Pfahlreihe, an deren Zangenhölzer sich derselbe bündig, in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes, anschließt.

Der gemauerte, über den niedrigsten Wasserstand sich erhebende Wassertheil ruft natürlich auch während der Zeit des niedrigsten und mittleren Wasserstandes einen Stau hervor.

Setzen wir nunmehr voraus, daß man nach Belieben die eine oder die andere Kammer der Trommeln mit dem Oberwasser oder mit dem Unterwasser in Verbindung setzen könne, und untersuchen wir, was aus den Flügeln wird.

Bringt man das Oberwasser mit der flußaufwärts gelegenen und das Unterwasser mit der flußabwärts gelegenen Kammer in Verbindung, so wirkt das Oberwasser im entgegengesetzten Sinne auf den Ober- und auf den Unterflügel; der Druck auf den Unterflügel ist jedoch stärker, da dieser eine größere Fläche besitzt, und auch hauptsächlich in Folge der Druckhöhendifferenz: es leuchtet ein, daß trotz des Druckes des Unterwassers auf die demselben zugekehrte Seite des Unterflügels, der letztere doch dem Oberwasserdrucke nachgeben und demnach auch der Oberflügel sich vertical aufstellen wird. Noch leichter ist das Verständniß der niedergehenden Bewegung des Oberflügels in dem Falle, wenn man das Oberwasser mit der flußabwärts gelegenen

Trommelkammer in Verbindung bringt. Wie soll man jedoch für jede der 42 Trommeln diese gleichzeitigen und abwechselnden Verbindungsweisen herstellen? Herr Desfontaines erreicht dies durch Vermittelung von Aquäducten, von denen der eine in dem Widerlager, der andere in dem Pfeiler des Wehres angebracht ist. Es hätte auch einer derselben genügt, ihre Wirkungen summiren sich jedoch und sie können sich auch gegenseitig ersetzen.

Das Widerlager, welches bei einer Stärke von 3 Metern eine Länge gleich 7,60 Meter vom Unter- bis zum Oberwasser besitzt, enthält im Innern, parallel mit seiner Länge eine Wasserleitung, deren verschiedene Querschnitte wie folgt beschaffen sind. Der Eingang und der Ausgang derselben hat je 1,30 Meter Länge bei 1 Meter Breite, so daß man bequem hineinkriechen kann. Die Sohle des Eingangs liegt 0,39 Meter über dem niedrigsten Unterwasser, die Sohle des Ausganges befindet sich gerade im Niveau des niedrigsten Unterwassers. Der mittlere, 3 Meter lange Mauerkörper enthält die wichtigsten Theile der Wasserleitung, durch welche die das Wehrspiel regulirende Wasservertheilung bewirkt wird, und es ist derselbe von den äußeren Theilen des Mauerwerkes durch 2 senkrechte Schlote, welche die Communication des ganzen Aquäducts mit dem Obertheile des Widerlagers herstellen, getrennt. — In diesem centralen Theile spaltet sich die Wasserleitung in 2 übereinanderliegende Canäle mit 4eckigen Querschnitten von 0,80 Meter Breite auf je 0,59 Meter Höhe, die voneinander blos durch eine Gußeisenplatte von 0,02 Meter Dicke getrennt werden. Eine gewöhnliche gußeiserne Schütze schließt von der Oberwasserseite eine der Oeffnungen, indem sie, zu gleicher Zeit, die andere frei macht; eine ähnliche Schütze befindet sich auch auf der Unterwasserseite. Durch einen Balancier, an dessen Enden die beiden Schützenstangen befestigt sind, werden die Schützen insofern voneinander abhängig, als die eine stets die entgegengesetzte Bewegung der andern machen muß.

In dem Mauerkörper, welcher die eben erwähnten Canäle von der ersten Trommel trennt, sind 2 ähnliche, jedoch nicht mehr unmittelbar, sondern schief übereinanderliegende Canäle angeordnet. Der eine derselben bildet die Fortsetzung der horizontalen Diaphragmenöffnungen bis zum oberen Längscanale; ebenso verlängert der andere die verticale Oeffnung bis zum unteren Längscanale (s. Zeichnungen).

Nach dieser ausführlichen Beschreibung wird man das Zusammenwirken der Längscanäle und Wehrflügel leicht verstehen. Will man z. B. die Wehrflügel aufstellen, so genügt es, die flußaufwärts angebrachte Schütze niederzulassen. Denn indem diese Schütze die untere Oeffnung schließt, öffnet sich zu gleicher Zeit die andere Oeffnung und bringt dieselbe mit dem Oberwasser in Verbindung, und da gleichzeitig, in Folge des Balancierspieles, der obere Canal von Seiten des Unterwassers geschlossen wird, so kann das Oberwasser nur in die flußaufwärts gelegenen Kammern gelangen. Hier drückt dasselbe zunächst auf die flußaufwärts gekehrte Seite des Unterflügels: während der letztere sich dreht, geht zwar etwas Wasser neben den Rändern vorbei, doch ist dieser Verlust in Vergleich mit dem zufließenden Wasservolumen ohne Belang. Sobald übrigens der Unterflügel seine verticale Stellung erreicht hat, hört jeder Wasserverlust auf. Nachdem nun das Wasser die Vorderkammer der ersten Trommel gefüllt hat, schreitet dasselbe durch Vermittelung der horizontalen Oeffnung zur Füllung der zweiten Trommel u. s. w. So geschieht die Transmission von einem Ende bis zum andern, und zwar oft in kürzerer Zeit als zur Erklärung nothwendig war.

Sollen dagegen die Wehrflügel umgelegt werden, so zieht man die flußaufwärts angebrachte Schütze in die Höhe. Durch diese einzige Bewegung setzt man den oberen Längscanal und folglich auch die ganze Reihe der flußaufwärts gelegenen Trommelkammern außer Verbindung mit dem Oberwasser und erlaubt andererseits dem Inhalte derselben sich nach der Unterwasserseite zu ergießen, während nunmehr der untere Längscanal und mit demselben auch die ganze Reihe der flußabwärts gelegenen Trommelkammern von dem Unterwasser isolirt werden und den überwiegenden Druck des Oberwassers erhalten: die Unterflügel werden von hinten flußaufwärts (mit übrigens abnehmender Geschwindigkeit) gehoben und es legen sich die Oberflügel ohne Stoß und ohne Erschütterung nieder.

So besteht denn der ganze Dienst beim Wehre in dem Heben oder Senken einer Schütze. Dieser Dienst wird vom Ufer selbst bewirkt, ohne Gefahr, ohne Hilfe leicht zerbrechlicher Verzahnungen, ohne Anstrengung und besondere Geschicklichkeit, mit einer Regelmäßigkeit und Geschwindigkeit, die mit Bezug auf die wirklichen Bedürfnisse der Praxis übertrieben genannt werden muß. Dieser Dienst reducirt sich fast auf ein Befehlswort, das man dem Flusse zuruft, der sich dabei gleichsam belebt und einen intelligenten Strom von einem Widerlager ausschickt, welcher auf geheimnißvollen Wegen jeden der Unterflügel aufsucht und denselben in einer der Flußströmung entgegengesetzten Richtung bewegt. Selten ist das Problem, die rohen Naturkräfte durch sie selbst zu bezwingen, treffender gelöst worden. Selten ist auch der praktische Werth eines glücklichen Gedankens klarer vor die Augen getreten. Diese 42 Wehrflügel von 1,40 Meter Breite und je 1,49 Meter Länge stellen sich mit mathematischer Regelmäßigkeit auf: man könnte sie mit einer eisernen Mauer vergleichen, die von einzelnen, den Zwischenräumen entsprechenden krystallenen Dreiecken gestützt wird. Auf einen Wink legt sich ein Flügel nach dem andern nieder, indem er sich um seine Basis gravitätisch dreht und einen Wasserstrom von 1,50 Meter Breite durchläßt, Ist das

Zeichen zum Aufstellen gegeben, so sieht man diesen langen und mächtigen Wasserfall immer kürzer werden, die Flügel stehen langsam auf und drängen mit Leichtigkeit die den Weg vergeblich suchende Wassermasse zurück. In einigen Minuten ist die Mauer wieder hergestellt; jede unruhige Bewegung hört auf und es fließt das Wasser über das Wehr ebenso friedlich wie zuvor.

§. 4. Details über die Wirksamkeit der Wehrflügel.

Nachdem das Spiel des Wehres im Allgemeinen beschrieben worden ist, wollen wir auf einige Details der charakteristischen Eigenschaften des Systemes eingehen.

Eine um eine horizontale Axe drehbare Tafel, deren unterer Theil länger und schwerer als der obere ist, wird sowohl in der Luft, als auch in ruhigem Wasser, in welches man dieselbe ganz oder theilweise einsenkt, sich vertical zu erhalten streben. Ein Wasserstrom, der zu gleicher Zeit sowohl auf den Ober-, als auch auf den Unterflügel wirkt, befestigt nur diesen Gleichgewichtszustand; wenn dagegen der Unterflügel vom Wasserstrome nicht mehr getroffen wird, so sucht der Oberflügel umzukippen. Setzt man nunmehr statt eines einfachen Stromes eine ursprünglich vorhandene Niveaudifferenz des Vorder- und Hinterwassers und folglich auch ungleiche statische Drücke voraus, deren Resultante man nach Belieben gegen die eine oder die andere Fläche des Unterflügels wirken lassen kann, so ist klar, daß man auch in diesem Falle das Heben oder Niederlegen des Oberflügels in der Hand haben wird. Auf welche Weise kann jedoch diese ursprüngliche Niveaudifferenz, mit deren Hilfe ein noch bedeutenderer Höhenunterschied hervorgebracht werden soll, erzielt werden? Es genügt, zu diesem Zwecke eine dauernde oder zeitweilige Verengung des Flußprofiles zu schaffen: die dauernde Verengung wird durch den festen Wehrtheil, die zeitweilige durch einen mit einem Nadelwehre versehenen Durchlaß gebildet. Beim niedrigsten Wasserstande entsteht die größte Stauhöhe und das Minimum der Abflußgeschwindigkeit. Bei steigendem Flußwasserstande wächst die Stauhöhe, während die Geschwindigkeit abnimmt, und es wird aus diesem doppelten Grunde die Aufstellung der Flügel immer schwieriger, bis dieselbe schließlich ganz unmöglich wird. Der Grenzfall ist durch die Betriebsbedürfnisse bestimmt.

Dies sind die sehr einfachen theoretischen Principien des Systemes.

Bei der Anwendung muß man zweierlei Reibungswiderstände in Rechnung ziehen. Der erste entsteht in Folge der Reibung zwischen der Drehaxe und den 3 Naben jedes Flügels. Derartige unter dem Wasserstrome functionirende Gelenke können übrigens sich auch etwas schief stellen und so zu Widerständen Veranlassung geben, die durch Rechnung nicht zu verfolgen sind. Die sorgfältige Bearbeitung der aneinander schließenden Theile bietet hierbei keine genügende Garantie. Andererseits muß man, dieser Befürchtung gegenüber, bei der Betrachtung der ausgeführten Dimensionen der einzelnen Theile sich vollständig beruhigen: es ist in der That kaum anzunehmen, daß ein eiserner Cylinder von 0,06 Meter Durchmesser bei nur 1,49 Meter Länge, der von den 6 gußeisernen Lagern, welche die umhüllende Röhre bildet, gehalten wird, sich von seiner festgelegten Richtung entfernen könne. Der zweite Widerstand rührt davon her, daß die Gegenflügel bei ihrer Bewegung das die Trommeln füllende Wasser vor sich weg- und durch die Mündungen im Widerlager und im Zwischenpfeiler herausdrücken müssen. Außerdem entsteht noch in Folge der Reibung des Wassers an den Wandungen durch die Querschnittsverengungen und die Ecken in der Leitung ein Widerstand, der mit der Größe der Ausflußgeschwindigkeit wächst (und der die wohlthätige Wirkung hat, die Geschwindigkeit der Flügelumdrehung zu mäßigen und den Erschütterungen vorzubeugen). Endlich muß noch auf eine praktische Unvollkommenheit hingewiesen werden, die, im Princip unvermeidlich, darin besteht, daß, wenn der Widerstand wächst und die Gegenflügel sich langsam in Bewegung zu setzen und zu drehen anfangen, das Wasser, welches von dem Aufrichtungsaquäduct herkommt, zu gleicher Zeit mit einer größeren Anzahl dieser Gegenflügel in Berührung tritt, daher auch in größerer Quantität an den Rändern derselben verloren geht und schließlich möglicherweise nicht mehr genügende Kraft behält, um sämmtliche Flügel aufzustellen.

Dies sind die verschiedenen Elemente des Problems. Zu Joinville genügt zum Aufrichten der Flügel eine Stauhöhe von 0,10 Meter bis 0,15 Meter, wenn das Unterwasser seine kleinste Höhe hat (dem Nullpunkte der hydrometrischen Scala entspricht). Wird der Durchlaß vollständig gesperrt, so daß das ganze Wasser nunmehr über das feste Wehr abfließen muß, so braucht man zur Aufrichtung ungefähr 2 Minuten; für das Niederlegen genügt schon eine Minute. Den 5. März 1868 stand das Oberwasser auf 2,14 Meter, das Unterwasser auf 1,40 Meter und es dauerte die Aufrichtung zwölf, das Niederlegen fünf Minuten. Ein anderes Mal, als das Oberwasser auf 2,00 Meter und das Unterwasser auf 1,50 Meter stand, bedurfte man zum Aufrichten einer halben Stunde. Dies ist nahezu die Grenze, bis zu welcher der Betrieb des Wehres zu Joinville geht. Es wäre leicht gewesen, diese Grenze zu erweitern, doch hätte dies kein praktisches Interesse und die Ausgaben hätten sich unnützerweise vermehrt: denn das Wehr wird für die Schifffahrt nicht mehr nothwendig, wenn das Unterwasser auf 1,40 Meter steht, während die in

gewöhnlichen Zeiten spielenden Pumpen von Saint-Maur überall den Bedarf vollauf decken.

Eine eigenthümliche und sehr wichtige Eigenschaft dieser Art Wehre besteht darin, daß man nach Belieben irgend eine Anzahl der Flügel, z. B. blos einen derselben, niederlassen kann, was bei der Regulirung des Oberwasserstandes eine große Bequemlichkeit gewährt. Es kann z. B. eine Erhebung des Oberwassers von 0,30 Meter bis 0,40 Meter vorkommen, welche an gewissen Stellen für die angrenzenden Ufer Gefahr bietet, oder Wasserräder überfluthet, oder endlich den Durchgang von Booten unter den Brücken hindert. Soll man in diesem Falle sämmtliche Wehrflügel niederlassen und so das Oberwasser um einen ganzen Meter erniedrigen, wodurch man möglicherweise einen noch größeren Schaden als den, den man umgehen wollte, verursacht? — Herr Desfontaines hat dieses Problem direct gelöst, indem derselbe ein Mittel zum theilweisen Niederlegen der Flügel ersann. An der flußabwärts gekehrten Seite jedes Oberflügels hatte er mittelst eines Gelenkes eine Strebe angebracht, deren Fußpunkt auf einer gußeisernen Gleitplatte, welche in das Mauerwerk der Wehrkrone eingelassen wird, sich bewegt; eine gezahnte Stange, die von einem Ende des Wehres bis zum andern durchgeht, und die man in der Längsrichtung hin- und herschieben kann, dient als Stütze für die Streben, wenn man die Flügel nur halb niederlassen will, oder läßt die Strebe zwischen den Zähnen hindurchgleiten, wenn die Flügel ganz niedergelegt werden sollen. Man kann ein derartiges, wohlgelungenes Exemplar mit Stützstreben bei dem sogenannten Wehre des Basses Fermes, 4 Kilometer aufwärts von Meaux sehen. Uebrigens ist diese Anordnung dem Systeme der Kippthore nachgebildet, mit dem wichtigen Unterschiede jedoch, daß die Zahnstange erst nach dem vorläufigen Aufrichten der Flügel, d. h. wenn der Widerstand blos durch das Gewicht der Stange selbst gebildet wird, sich zu bewegen hat, während die Ausrückestange der Durchlässe die Fußpunkte der Streben seitlich wegdrücken muß, obgleich die Kippthore auf diese Stützpunkte mit dem ganzen, oder theilweisen Gewichte der darüberstehenden Wassersäule drücken. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß die auf dem vorragenden Mauerwerke, in einer Höhe von 1 Meter über dem niedrigsten Wasserstande befindliche Zahnstange leicht von allen Hindernissen, die ihre Bewegung erschweren, befreit werden kann. Nichtsdestoweniger muß man gestehen, daß die Hinzufügung von Streben, Gleitplatten und Ausrückestange das Ganze complicirter macht, weshalb man zu Joinville dieselbe zu umgehen gesucht hat.

Nun hat die Erfahrung gezeigt, daß, wenn man die Schützen im Widerlager in entgegengesetzte Stellung zu den Schützen im Pfeiler bringt, dann ungefähr die Hälfte der Flügel aufrecht bleibt, während die übrigen sich umlegen. Und da die Kraft oder Tragweite des Impulses, den man von dem einen oder dem andern Ende des Wehres hervorruft, von dem eingeführten Wasservolumen abhängt, so genügt es, die Verschiebung einer Schütze zu vermindern, um die Wirkung der letzteren zu beschränken und zwischen den beiden, in den Trommeln sich bildenden Gegenströmen dasjenige Intensitätsverhältniß zu schaffen, das dem Niederlegen einer bestimmten Anzahl von Wehrflügeln entspricht. Man bestimmt so ganz willkürlich den Uebergangspunkt. Das Ganze reducirt sich auf ein paar Versuche, die auch der gewöhnlichste Wehrmeister begreifen lernt.

Man mußte hinsichtlich der Trommeln, deren Sohle zu Joinville 0,32 Meter unter dem niedrigsten Unterwasser liegt, Vorsorge treffen, damit dieselben sich nicht verschlämmen und in dieselben nicht Sand, Kies, Gras oder Zweigwerk gelange. Es sind daher zunächst die Oeffnungen der Aquäducte im Widerlager und im Zwischenpfeiler durch Gitter geschützt. Ferner kann man auch mittelst besonderer Absperrschützen, welche vor denselben Objecten angebracht sind, zu Winterszeiten, wenn der Fluß Sand mitführt, jede Verbindung zwischen dem Oberwasser und den Canälen absperren. Wenn endlich irgend welche fremde Körper in die Trommeln hineingerathen, so wird man dieselben leicht ausstoßen, indem man die Wasser-Zu- und Abflüsse im Widerlager und im Pfeiler entgegengesetzt einstellt und auf diese Weise eine auf die ganze Länge hin wirkende Spülung vornimmt. Setzen wir z. B. den Fall, daß sich in den flußaufwärts gelegenen Kammern Schlamm niedergesetzt hätte, den die Unterflügel bei ihrer aufsteigenden Bewegung treffen: so wird eben dadurch der Schlamm bis auf die Höhe der Unterkante der horizontalen Diaphragmenöffnungen gehoben und er bleibt auf der Decke dieser langen, ganz glatten, von einem bis zum andern Wehrende gehenden Röhre liegen. Stellt man nun die Schützen im Widerlager wie zum Aufrichten der Flügel ein, während man die Pfeilerschützen entgegengesetzt anordnet, so fließt das Oberwasser aus dem Widerlager in die Trommeln ein. Dasselbe läßt den Schlamm vielleicht auf den ersten Gegenflügeln liegen und drückt letztere bis etwa zur Wehrmitte nieder; hier jedoch vermag es nicht mehr die Gegenflügel, welche durch den Gegendruck des Niederwassers in ihrer Stellung erhalten werden, zu bewegen, das Wasser nimmt nunmehr auf seinem Wege bis zum oberen Canale im Pfeiler sämmtlichen Schlamm mit und entleert denselben in das Unterwasser. Während diese Spülung auf der Oberwasserseite in der Richtung vom Widerlager nach dem Pfeiler stattfindet, geht eine andere auf der flußabwärts gekehrten Seite vom Pfeiler nach dem Widerlager vor sich, wobei die Entleerung in das Unterwasser durch den unteren Canal des Widerlagers geschieht. Auf diese Weise reinigt man

die Hälfte jeder der Kammerreihen: die andere Hälfte wird bei entgegengesetzter Schützenstellung gespült.

Uebrigens hat die Erfahrung, die man bei den Marnewehren gemacht hat, über die Verschlämmungsbefürchtungen entschieden.

Die Wehre des Herrn Desfontaines besitzen gar keinen zarten Constructionstheil und die, übrigens bis jetzt nicht vorgekommenen, Beschädigungen durch den Stoß schwimmender Körper können nicht von Bedeutung sein. Die Strömung ist gewöhnlich bei aufgerichteten Flügeln sehr schwach, da zwischen letzteren sehr wenig Wasser durchläuft*). Setzen wir den Fall, daß etwa ein Boot gegen diese 5 Millimeter dicken Blechtafeln, die von nach oben zu sich verjüngenden Rippen gehalten werden, anstößt, so wird das Blech sich ausbiegen, vielleicht auch reißen; man hat jedoch Reserveflügel, deren Einsetzen sehr leicht ist, wie aus Folgendem zu ersehen ist.

Die Vertiefung des Wehres ist, der Länge nach, von den dieselbe begrenzenden Mauern geschützt, und zwar reichen dieselben, auf der Niederwasserseite, bis zu 0,94 Meter und auf der Oberwasserseite bis zu 1,06 Meter über den niedrigsten Wasserstand. Um die Isolirung zu vervollständigen und die Trommeln trocken legen zu können, wenn der Fluß die Höhe von 0,94 Meter auf der Niederwasserseite nicht übersteigt (d. h. während der Hälfte des Jahres), genügt es, einen kleinen Fangdamm in dem Widerlager und einen andern im Pfeiler anzuordnen: zu welchem Zwecke man in diesen Vertiefungen ausgespart hatte. — Doch war dies für Joinville blos eine ungenügende Lösung, da hierbei die Erniedrigung des Hochwassers um 1,10 Meter vorausgesetzt werden mußte. Um eine solche Senkung nicht nothwendig zu machen, mußte man einen Fangdamm haben, dessen Auf- und Abstellung im Wasser schnell und billig geschehen konnte. Herr Desfontaines und nach ihm die vorgesetzte Behörde haben daher den Gedanken für gut befunden, auf der flußaufwärts gelegenen und zu diesem Zwecke bis zu 0,40 Meter breit gehaltenen Quaderreihe kleine dreieckige Böcke von 1,10 Meter Höhe und 3 Meter gegenseitigem Abstande aufzustellen, die als Stützen für horizontal, von der Oberwasserseite her übereinander gelegte Dammbohlen dienen können. Diese Einsatzbohlen, welche nur 0,22 Meter Höhe und 0,10 Meter Dicke haben, sind hauptsächlich in dem ruhigen Wasser, das sich oberhalb der Wehrflügel bildet, und in welchem auch das kleine Transportboot stationirt, leicht zu handhaben. Mittelst angebrachter Haken halten sich dieselben an den verticalen Stielen der Böcke.

*) Der zwischen den Flügeln gelassene Raum von 10 Millimetern hätte leicht bis zu 3 oder 4 Millimetern verringert werden können. Diese verhältnißmäßige Dichtheit, welche in manchen Fällen sehr nützlich sein kann, ist eine bemerkenswerthe Eigenschaft der Desfontaines'schen Wehre.

Von der Oberwasserseite wird getheerte Leinwand aufgehangen und durch eiserne Leisten angedrückt. Die Wassermenge, welche durch einen so construirten Fangdamm von 63 Meter Länge hindurchgeht, ist so gering, daß ein Cementrohr von 0,06 Meter Durchmesser zu seiner Ableitung genügt. Nach diesem wird auf dem festen Wehre eine besonders zu diesem Zwecke construirte und leicht transportable Krahnwinde, die auf einem Geleise läuft, aufgestellt. In weniger als einem Tage werden sämmtliche Trommeldeckplatten abgeschraubt und abgehoben, man hebt die Flügel mit ihren Gelenken heraus, besieht sie von allen Seiten und setzt dann sämmtliche Theile in ihre früheren Stellungen ein. Die Pumpen muß man blos dann anwenden, wenn die Trommeln trocken gelegt werden sollen.

Um die Beschreibung alles dessen, was das Wehr zu Joinville betrifft, abzuschließen, wollen wir noch bemerken, daß das Einsetzen der beweglichen Theile bedeutend durch das Hinzufügen von 4 großen Bolzen, die an jedem ihrer Enden mit einem doppelten Schraubengange versehen waren und zur genauern Einstellung der beiden Diaphragmen jeder Trommel dienten, erleichtert wurde. Die Montirung war schon vorläufig in der Werkstatt der Herren Joly, Maschinenbauer zu Argenteuil, vorgenommen worden; da sämmtliche Theile ihre Nummern trugen, so ging das definitive Aufstellen fast ohne jede Irrung vor sich. Es ist wohl kaum nothwendig, noch zu erwähnen, daß die oben genannten Bolzen in das Mauerwerk eingelassen sind: die Längsfurchen, welche zu ihrer Aufnahme dienten, sind nachträglich mit Portlandcement ausgefüllt worden.

Die Aufstellung der zum Wehre gehörigen Eisentheile, sowie der Bewegungsmechanismen hat 6 Wochen gedauert.

§. 5. Verschiedene Nachweise über das Wehr.

Bei der Erwähnung der an den Flügeln mancher Marnewehre angebrachten Stützstreben haben wir nicht vollständig die Vortheile dieser ursprünglichen Lösung des Problemes der theilweisen Oeffnung besprochen. Herr Desfontaines befürchtete sowohl bei den Flügelwehren, als auch bei den Wehren mit Kippthoren die Folgen des raschen Niederlegens und der dadurch entstehenden, stark auswaschend wirkenden Strömungen. Durch die partielle und demnach auch sanfte Senkung der Flügel wurde dieser Uebelstand umgangen.

Indem man zu Joinville diesen Vortheil zu Gunsten einer größeren Vereinfachung aufgab, war man genöthigt, auf die Festigkeit der an das Wehr unterhalb sich anschließenden Flußsohle größere Aufmerksamkeit zu verwenden. Man hielt eine 1 Meter mächtige Steinschüttung mit versetzt in einem gegenseitigen Abstande von 1,50 Meter voneinander abstehenden Pfählen, sowie eine Reihe von halb-

schließenden Pfählen, 15 Meter unterhalb des eigentlichen Wehres, für nicht genügend.

Gegenüber dem Wehre hat man nur 3 Pfahlreihen, in einer gegenseitigen Entfernung von 5 Met., eingeschlagen, mit Zangen versehen und durch einige hölzerne, dem Flusse parallel laufende Anker verbunden. Andererseits hat man die obere 0,40 Meter dicke Schicht der Steinpackung durch eine in Mörtel versetzte Steinlage ersetzt. Die Reihe der halb dicht schließenden Pfähle (durch deren Zwischenräume die unter dem Drucke des Oberwassers stehenden Wasserfäden durchfließen würden) ist durch eine, flußabwärts an dieselbe sich anlehnende Steinschüttung in die natürliche Flußsohle übergeführt. Diese hinter dem Wehre befindliche Grundplattform liegt 0,10 Meter unter dem niedrigsten Wasserstande.

Die dem Unterwasser zugekehrte Plattform des Durchlasses ist noch bedeutenderen Auswaschungen ausgesetzt, da zufälligerweise die ganze Marne durch diesen, blos 12 Meter breiten Canal hindurchfließen kann. In der That entstand auch 30 Meter unterhalb des Durchlasses eine Auskolkung von 4 Metern unter dem tiefsten Wasserstande. Um diese Auskolkungen in gehöriger Entfernung vom Wehre zu erhalten und in Berücksichtigung der Reparaturschwierigkeiten, die man bei einer 0,72 Meter unter dem tiefsten Wasserstande liegenden Plattform zu überwinden hätte, ist hier die Steinpackung (auf 15 Meter Länge) nicht mit Pflaster, sondern mit eichenen Bohlen, die sorgfältig mit den die sechs Pfahlreihen verbindenden Zangenhölzern verschraubt sind, abgedeckt. Herr Desfontaines bezweifelte nicht, daß eine so gebildete Plattform Jahrhunderte dauern wird. Uebrigens ist es schon jetzt zu ermessen, daß eine derartige, 15 Meter (mit der unterhalb gelegenen Steinpackung sogar 20 Meter) lange Plattform auf der Niederwasserseite des Durchlasses nicht genügt. Man wird daher dieselbe während der Niederwasserzeit des nächsten Herbstes verlängern.

Von dem Durchlasse selbst haben wir blos einige Worte zu sagen.

Die Sohle enthält keinen einzigen eisernen Anker. Sogar die Drehlager der Böcke sind nicht einmal durch verticale Bolzen befestigt. Die Böcke haben 3 Meter Abstand, während der dem Pfeiler zunächst befindliche Bock 2 Meter von letzterem absteht. Wegen des Niederlassens dieses Bockes mußte im Pfeiler eine cylindrische Vertiefung ausgespart werden, die mit den leeren Räumen für die Manövrirungsaquäducte in demselben Pfeiler collidirte. Durch ein besonders geformtes, zwischen dem Aquäducte und der für den Bock gelassenen Vertiefung eingelegtes Gußstück wurde es möglich, mit einer blos um 0,20 Meter gegen die übrigen Marnewehre größeren Pfeilerbreite von 3,20 Meter auszukommen.

Die Dienstbrücke auf den Böcken liegt im Niveau des Oberwassers, 2 Meter unter der Mauerkrönung und gestattet dem Wehrmeister, behufs Manövrirung des Wehres, zum Pfeiler zu gelangen. An jedem Ende derselben führen 4 Leitersprossen und dann 4 Stufen in die Höhe. Um das Hinübergehen zum Pfeiler noch mehr zu erleichtern, ist in einer weiteren Höhe von 1,25 Meter ein Steg angebracht, der von den über den Böcken befindlichen Stielen getragen wird. Uebrigens ist die Dienstbrücke selbst mit ihren Leiterenden und den im Mauerwerke eingelassenen eisernen Griffen so bequem, daß der obere Steg blos ausnahmsweise benutzt wird.

Wir können hier blos einen Theil der Kosten andeuten. Die sämmtlichen Wehrarbeiten waren in 2 Loose getheilt: die Erdarbeiten, Maurerarbeiten und Zimmerarbeiten bildeten ein Loos, die beweglichen Theile das andere. Die Rechnungen des zweiten Looses sind vollständig abgeschlossen, die des ersteren noch nicht.

Die eigentlichen, beweglichen Theile des Wehres haben im Ganzen 49844,53 Francs gekostet, welche Summe sich, wie folgt, repartirt:

Bezeichnung der Objecte.	Pro Stück.		Anzahl gleicher Theile oder Gesammtlänge.	Im Ganzen.	
	Gewicht.	Preis.		Gewicht.	Preis.
	Kilogr.	Francs.		Kilogr.	Francs.
Gußeiserne Diaphragmen (pro Stück)	653,36	328,16	43	28094,50	14110,80
Verbindungsbolzen (pro Trommel)	25,83	22,55	42	1085,00	947,20
Abdeckplatten aus Eisenblech für die Oberwasserseite der Trommeln	111,95	99,06	42	4702,00	4160,70
Abdeckplatten aus Gußeisen für die Unterwasserseite der Trommeln	210,69	116,18	42	8849,00	5879,50
Gelenke der Flügel, inclusive Axe	219,08	173,38	42	9201,50	7282,00
Blech und Rippen der Flügel	360,79	319,47	42	15153,00	13437,60
					45817,80

Bezeichnung der Objecte.	Pro Stück.		Anzahl gleicher Theile oder Gesammtlänge.	Im Ganzen.	
	Gewicht.	Preis.		Gewicht.	Preis.
	Kilogr.	Francs.		Kilogr.	Francs.
Transp.				67085,00	45817,80
Untere Anschlagschwelle (Holz und Gußeisen) der Unterflügel (der laufende Meter)	360,79	14,20	63 Meter.	"	894,90
Steinmetzarbeiten für das Einlassen der Eisentheile (der lfde. Meter)	"	23,49	63 "	"	1480,00
Befestigungsarbeiten in Stein (der lfde. Meter)	"	12,03	63 "	"	758,00
Cementbewurf (der Quadratmeter)	"	10,00	126 Qu.-Met.	"	1260,00
Verschiedene Ausgaben, Reinigung u. s. w.	"	"	"	"	634,13
Summe	. . .	. . .	. . . . .	67085,00	49844,83

Die Kosten des beweglichen Wehres selbst belaufen sich demnach pro lfdn. Meter auf $\frac{49844,83}{63} = 791$ Francs.

Der Pfeiler, sowie das Widerlager des Wehres, haben jedes zu folgenden Ausgaben Veranlassung gegeben:

Schützenvorrichtung zum Manövriren (incl. die gußeiserne Zwischenwand der beiden übereinanderliegenden Wasserleitungen	1277,00	Frcs.
Oberes Gitter (Mittel aus zweien)	321,00	"
Absperrschützenvorrichtung	250,00	"
Bohlen für die inneren Fangdämme	155,00	"
Zugangsleiter	89,00	"
Steinmetzarbeiten	135,00	"
Befestigungsarbeiten in Stein	40,00	"
Wasserhaltung, Reinigung u. s. w.	33,00	"
Summe	2300,00	Frcs.

Der kleine Rollkrahn hat 950,60 Francs gekostet.

Der Bockfangdamm auf der Oberwasserkrone des festen Wehres kam pro laufenden Meter nahezu auf 100 Francs zu stehen.

§. 6. Eiserne Trommeln. — Grenzen der Anwendbarkeit der Wehre nach dem System Desfontaines'.

Bei der Beschreibung des Wehres zu Joinville haben wir auch die Trommel, in der sich die Gegenflügel bewegen, in's Auge gefaßt: wir haben gezeigt, daß dieselbe zunächst aus einem langen Steinkoffer besteht, der durch 1,50 Meter voneinander entfernte gußeiserne Wände getheilt und von zwei Platten, die sich an das Gelenk der Flügel anschließen, abgedeckt wird. Herr Desfontaines hatte jedoch ganz zuerst an eine wirkliche Trommel gedacht und versuchte daher auch im Jahre 1846 das erste Mal, sein System in einem Leitungsgraben des seitlichen Canales der Marne. Die Herren Inspecteurs généraux Brière de Mondétour und de Baudre waren bei diesen Versuchen zugegen. Auch bei den beiden ersten größeren Anwendungen des Systemes, d. h. bei den Wehren zu Daméry und Courcelles bestanden die Trommeln ganz aus Eisenblech, und es haben diese Wehre nach zehn-, respective sechsjährigem Dienste die Richtigkeit der Anlage bewährt.

Herr Desfontaines hat natürlich an den Untergrund, den er den neuen beweglichen Theilen geben wollte, gedacht. Principiell wollte er die Flußbauten blos in trockener Mauerung aufführen, wegen der leichten Ausführbarkeit der letzteren, sowie wegen der Eigenschaft der letzteren, sich gut den verschiedenen Wasserständen anzupassen. Er hatte aber bei einem Wehre der Oise bemerkt, daß eine derartige trockene Mauerung die Durchsickerung und den Druck des Oberwassers ohne Beeinträchtigung nicht zu erleiden vermag. Bei dem Wehre de Verberie sah er, wie das Unterwasserglacis, das zeitweilig durch di Wirkung der Stützstreben emporgehoben wurde, unter dem Gewichte eines Menschen einsank, was dem betreffenden Conducteur bald ein Bein gekostet hätte: es waren, ohne daß man es ahnte, in Folge der Erschütterungen, Abnutzungen und, nach dem Fortschwemmen der Steine, darunter Auskolkungen entstanden. Er hatte oft die unteren Steine des Wehrglacis, in Folge eines nach aufwärts gerichteten Druckes, sich heben und später, ihrem Gewichte folgend, wieder niederfallen sehen, wobei eine Abnutzung durch Reibung stattfand. Bei den festen Theilen der Marnewehre sollten diese Uebelstände beseitigt werden und es wurde zu diesem Behufe folgende Anordnung gewählt:

Man schlug drei, durch Zangen verbundene Pfahlreihen: die flußabwärts gelegene Reihe bestand aus halb dicht schließenden Pfählen und hatte ihre Zangen im Niveau des niedrigsten Wasserstandes; die beiden andern wurden aus 1,50 Meter voneinander abstehenden Pfählen gebildet, deren Zangen in der Höhe des festen Wehres lagen; außerdem wurde die dem Oberwasser zugekehrte Pfahlreihe durch

eine auf's Sorgfältigste geschlagene Spundwand geschützt. Man füllte nun die beiden Zwischenräume zwischen den erwähnten drei Pfahlreihen mit Gerölle oder Steinen aus, indem man hierbei darauf sah, daß die Fugen der halbdicht schließenden Pfähle mit kleineren Steinen ausgestopft wurden. Die Spundwand bildete einen Schirm, durch welchen blos dünne Wasserfäden hindurchgehen konnten, und auch diese verloren vollständig ihre Kraft, indem sie in die leeren Räume, die zwischen den Geröllen sich fanden, traten.

Herr Desfontaines setzte nun seine eisernen Trommeln auf den so gebildeten Untergrund. Er brachte sie zwischen den beiden ersten Pfahlreihen an und befestigte dieselben durch Anschrauben an die beiden inneren Zangen, indem hierbei die an den Trommeln angebrachten Ohren oder Ränder benutzt wurden. Die Trommeln selbst wurden in der Fabrik vollständig fertig hergestellt, dann auf irgend einem Wagen transportirt und mittelst einer leichten Krahnwinde an ihren richtigen Ort gebracht — gewiß eine einfache und elegante Lösung; ausländische Ingenieure haben uns versichert, daß dieselbe jeder andern vorzuziehen ist für Länder, wo intelligente Arbeiter fehlen, und wo es wünschenswerth ist, von Europa aus ganz fertig zusammengestellte Constructionen zu erhalten.

Herr Desfontaines hat trotzdem auf der ganzen Erstreckung der Vertiefung das Eisen durch Stein ersetzt. Er dachte an die mögliche Oxydation des Bleches, nicht in den Flügeln, die durch leicht zu erneuernden Steinkohlentheeranstrich geschützt sind, sondern in den festen und versteckten Theilen des Bauwerkes. Es gefiel ihm nicht, daß man zum Zwecke des Revidirens und Neuanstreichens der Trommeln, dieselben in größerer oder geringerer Anzahl herausheben und auf der Krone des Wehres ablagern mußte, wobei ein unerwarteter Rücktritt des Hochwassers dieselben überraschen kann, wie dies z. B. 1866 geschah. Er behauptete andererseits, daß die hölzernen Zangen, welche zum Stützen der Trommeln dienen, sowie die Pfähle (an den Befestigungsstellen der Zangen) in kurzer Zeit, in Folge des abwechselnd trockenen und feuchten Zustandes faulen und schwer zu ersetzen sein werden. Die Infiltrationen endlich, welche in diesem Falle selbst durch die Spundwand vor sich gehen, waren in seinen Augen etwas Anormales, das auf die Länge der Zeit zu Auswaschungen Veranlassung geben kann; der conseil général des ponts et chaussées hatte in dieser Beziehung noch weiter gehende Befürchtungen und verlangte, daß innerhalb des trockenen Mauerwerkes des Wehres ein Betondamm aufgeführt werde.

Endlich fand Herr Desfontaines große Schwierigkeiten bei dem genauen Richten des biegsamen Bleches in die cylindrischen und verticalen Flächen der Wandungen. Der eine gewisse Grenze übersteigende Wasserverlust an den 4 Rändern des Unterflügels konnte schließlich die Wassermenge nicht zureichend erscheinen lassen. Hierin fand Herr Desfontaines ein Hinderniß für das beliebige Vergrößern der Flügelhöhe. Diese Schwierigkeiten wurden bei der Anwendung von steinernen oder gußeisernen Trommeln bedeutend geringer. Die cylindrischen Wandungen können bequem, fest und mit mathematischer Genauigkeit mit Hilfe eines Messers, das an den Unterflügel befestigt wird, und bei dessen Drehung die Cementschicht in der nöthigen Form ausschneidet, hergestellt werden. Durch Stellschrauben kann die Entfernung des Messers von dem Drehungsmittelpunkte geändert werden. Andererseits bietet das Hobeln von großen Gußstücken keine Schwierigkeit mehr. Die Hütte de Marquise, in welcher die Diaphragmen des Joinviller Wehres gegossen und zugerichtet worden sind, könnte noch viel größere Stücke abhobeln. Unter diesen Verhältnissen könnte auch die Höhe der Flügel bedeutend größer angenommen werden.

Es versteht sich von selbst, daß zwischen den Höhen der Flügel und der Gegenflügel, die bei einem gewissen Wasserstande functioniren sollen, auch ein gewisser mathematischer Zusammenhang existirt. Herr Desfontaines hat, principiell, bei den Marnewehren die beiden Flügel gleich gemacht; er hat jedoch schließlich bedauert, daß der Unterflügel nicht um $^{1}/_{10}$ höher als der Oberflügel hergestellt worden war: auf diese Weise hätte man nämlich ein nachdrücklicheres Mittel geschaffen, um die Wassertiefe, wenn nöthig, von 1,60 Meter auf 1,80 Meter, oder 2,00 Meter zu bringen. Das Wehr zu Courcelles, erbaut unter der Aufsicht unseres Collegen Holleaux, hat 1,15 Meter hohe Unterflügel, während die Höhe seiner Oberflügel 1,03 Meter beträgt; dasselbe zeichnet sich aber auch durch seine bedeutend leichtere Beweglichkeit aus. Durch Verlängerung der Unterflügel verschiebt man um ein Bedeutendes die Grenze, bei welcher das Aufheben der Flügel unmöglich wird.

Die Canalisationsverhältnisse der Marne und die geringe Höhe der Ufer bedingten keine größere Oberwasserhöhe, als 2 Meter. Herr Desfontaines hat folgende Regeln, die am besten den örtlichen Verhältnissen Rechnung trugen, angenommen: 1) die Höhe der festen Wehrkrone entsprach ungefähr der halben Stauhöhe beim niedrigsten Wasserstande; 2) die Einsenkungstiefe der Trommeln unter den niedrigsten Unterwasserstand betrug höchstens 0,30 Meter bis 0,40 Meter. Doch sollten diese Regeln nicht allgemein und nicht absolut gelten.

Die größere Höhe des festen Wehres bringt bedeutende Vortheile mit sich, wenn nicht etwa dadurch die Länge des Wehres zu bedeutend wird. Zunächst bietet ein massiver Bau stets eine größere Sicherheit, als eine bewegliche Wand. Ferner lassen sich die beweglichen Theile, wenn dieselben in einer gewissen Höhe über der Flußsohle, oder gar über dem niedrigsten Wasserstande angebracht sind,

leichter montiren, besichtigen und repariren, und sie erleiden auch weniger Verschlämmungen und Versandungen. Außerdem begünstigt die Höhe des massiven Wehres die Bildung des ursprünglichen, zum Spiele der Flügel nothwendigen Staues.

Erkennt man nach alledem den Vortheil, die Trommeln bis unter das niedrigste Unterwasser reichen zu lassen, so glauben wir persönlich hierin auch gar keine Gefahr zu erblicken. Was könnte man in der That befürchten? — Die Schwierigkeiten des Einsenkens? Dieselben werden nicht größer als bei der Gründung einer Schleuße sein. — Oder denkt man etwa an die specielle Schwierigkeit, die Diaphragmen entsprechend eben herzustellen? Wie wir jedoch schon bemerkten, lassen die Hilfsmittel der Metallurgie hier noch viel Spielraum übrig, hauptsächlich wenn man gleich ein gut abgehobeltes gußeisernes Modell benutzt. Uebrigens beschränkt sich schließlich diese Frage auf den Wasserverlust an den Rändern und man kann ja durch verschiedene Mittel die Speisungsquellen vermehren. — Rufen die Verschlämmungen Beunruhigung hervor? Durch die innere Spülung wird denselben abgeholfen, während von außen die Trommeln fast hermetisch durch die Deckplatten abgeschlossen sind. — Oder glaubt man endlich, daß die Flügel unter einer zu großen Wassertiefe und in der Gegenrichtung einer zu energischen Strömung sich nicht erheben werden? Um aber die Beweglichkeit der Flügel in dem für die Anwendung nöthigen Grade zu erhalten, braucht man ja nur entweder die Unterflügel genügend zu verlängern, oder diese Verlängerung durch irgend eines der Mittel, die uns die Elementarmechanik für ähnliche Verhältnisse angiebt, zu ersetzen.

Schließlich ist zu bemerken, daß bei den 11, nach dem Systeme des Herrn Desfontaines erbauten Marnewehren bis jetzt weder die Construction, noch die Functionirung irgend eine Thatsache erkennen läßt, aus der man schließen müßte, daß schon die Anwendungsgrenzen dieser neuen Art Wehre erreicht sind. Wir sind der Ueberzeugung, daß dieses System noch lange nicht sein letztes Wort gesprochen hat.

Herr Desfontaines hatte nicht die Absicht, die großen, ihm anvertrauten Interessen irgendwie einem Experimentirungsgelüste unterzuordnen. Man hat daher zu Joinville, wo der Fluß eine übermäßige Breite zeigt, und wo die Höhe des festen Wehrtheiles nur von Vortheil ist, sich damit begnügt, die Höhe der Flügel gleich 1,10 Meter zu machen.

Derselbe umsichtige Geist hat auch einer verlockenden Verbesserung des Manövrirungssystemes des Wehres widerstanden. Wir sahen, daß sich Alles auf das Heben oder Senken der Verticalstangen, welche die Schützen im Widerlager und im Pfeiler führen, beschränkt. Es ist nahe liegend, daß durch Vermittelung eines im Oberwasser angebrachten Schwimmers man das Schützenspiel automobil machen könnte, und es wird solches vielleicht auch bei Berieselungscanälen, wo die Kosten eines Wehrmeisters gespart werden sollen, angewandt sein. Bei wichtigen Wasserströmen jedoch, hauptsächlich bei solchen, die keine regelmäßigen Wasserstände haben, war Herr Desfontaines gegen die Selbstbeweglichkeit der Wehre. Er befürchtete die verschiedenen Irrungen, zog lieber vor, seinen Wehrmeistern einige Verantwortlichkeit zu lassen, und fand, daß die Aufgabe gut gelöst war, als ein einziger Beamter, ohne das Ufer zu verlassen, mittelst einiger Kurbelumdrehungen mit Sicherheit die Stauwand ganz oder theilweise aufstellen oder niederlassen konnte.

Herr Desfontaines hat während 40 Jahren sich mit dem Baue und der Verbesserung der Schifffahrtswege in der Oise, der Loire, der Marne, und hauptsächlich in den mit letzterer zusammenhängenden Canälen beschäftigt. Das Wehr zu Joinville, welches die Canalisirung der Marne beendigte, bildete die Krone seiner Wirksamkeit.

Die Bremswirkung des Gegendampfes.

Von

Ingenieur **F. Albert** in Moskau.

(Hierzu Tafel 23.)

In der dritten Auflage seiner Schiebersteuerungen verweist Zeuner in dem neu eingeschalteten Capitel über Contredampfwirkung auf die Broschur des Herrn Prof. Linde in München: „Ueber einige Methoden zum Bremsen der Locomotiven und Eisenbahnzüge, insbesondere über die Dampfrepressionsbremse. Patentirtes System der Locomotivfabrik Krauß u. Comp." Der Verfasser bespricht nacheinander die Wirkung der bis jetzt in Anwendung gekommenen Bremsmittel und geht dann auf das System Krauß, als den Hauptgegenstand seiner Betrachtung, über. Bei diesem Vergleiche ist jedoch eine entschiedene Vorliebe für das letztere nicht zu verkennen, so daß die ungemein ungünstigen Annahmen, die der Krauß'schen Bremse gegenüber beim gewöhnlichen Reversionsdiagramm gemacht wurden, zum Schluß berechtigen, daß die dort gezogenen Folgerungen unmöglich auf Grund wirklich abgenommener Indicator-Diagramme basirt sein können. Da keine Versuchsresultate vorlagen, um dies zu bestätigen, war der Maschinenmeister der schweizerischen Nord-Ost-Bahn, Herr Maey, so freundlich, die mit Lechatelier'schem Apparate versehene Güterzugslocomotive Nr. 52 für entsprechende Indicatorversuche herrichten zu lassen, so daß die unten folgenden Versuche mit derselben ausgeführt werden konnten. Leider war die Steuerung, wie aus den Diagrammen bei geringen Expansionsgraden und speciell aus dem vom todten Punkte hervorgeht, nicht mit genügender Sorgfalt justirt worden, so daß dadurch, und weil die Maschine nicht außer Dienst gesetzt werden konnte, die Resultate nicht durchweg auf die eigentlich gewünschte Genauigkeit Anspruch machen können. Dennoch, glaube ich, wird es von Interesse sein, sie hier wiederzugeben, besonders weil sie über die Hauptfrage, das Ansteigen des Diagrammzuges nach Eintritt des Gegendampfes, sichern Aufschluß geben.



I.

Contredampfwirkung.

Das Reversiren im gewöhnlichen Sinne und mit dem Apparate von Lechatelier.

Ein einfaches, jedem Locomotivführer bekanntes Mittel, die Geschwindigkeit der Locomotive zu verzögern, besteht im sogenannten Reversiren, d. h. darin, daß man beim Vorwärtsgange der Locomotive das Rückwärtsexcenter zur Wirkung bringt, und dadurch eine, der regulären entgegengesetzte Dampfwirkung erzielt. Um nun eine möglichst starke Bremswirkung zu erhalten, muß sowohl die Expansions-, als auch die Compressionsarbeit auf ein Minimum reducirt werden. Man wird demnach die Maschine mit ihrer äußersten Coulissenposition und größtmöglichstem Volldrucke arbeiten lassen. Ueberdies hat man bei kleinem Voreilwinkel und gleichzeitig geringer äußerer Ueberdeckung günstige Resultate zu erwarten. Die Vorgänge während einer Umdrehung auf einer Seite des Kolbens ergeben sich aus den Figuren 1 und 2 wie folgt:

Bis zur Kurbelposition 1 herrscht*), vom todten Punkte an gerechnet, Volldruck. Im Punkte 1 schließt die äußere Schieberkante den Canal und es beginnt die Expansion nach der adiabatischen Curve**), also nach der Gleichung:

---

*) Zeuner, „Schiebersteuerungen", dritte Auflage, Leipzig 1868, Seite 159.

**) Es soll hier von der Zeuner'schen Annahme („Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie", Leipzig 1866, S. 343) ausgegangen werden, da bis jetzt noch nichts absolut Richtiges über die Expansionscurve vorliegt. Man geht allgemein von der Rankine'schen Gleichung

$$p v^{\mu} = p_2 v_2^{\mu}$$

aus, in welcher über den Exponenten verschiedene Annahmen gemacht werden. Wahrscheinlich ist er kleiner als 1.

Zeuner setzt $\mu = 1,035 + 0,1\,x_2$, worin x_2 die in einem Kilogramme Mischung vorhandene Dampfmenge bezeichnet. Im Mittel ist:

$\mu = 1,103$ nach Zeuner, $\mu = 1,140$ nach Grashof,
$\mu = 1,111$ „ Rankine, $\mu = 1,000$ „ Bölkers.

$$p v^{\mu} = p_2 v_2^{\mu}, \text{ worin}$$
$$\mu = 1{,}035 + 0{,}1\, x_2 \text{ ist.}$$

Dieselbe dauert bis zur Position 2, wo der expandirte Dampf durch das Blasrohr entweicht. Von diesem Augenblick an wird der Kolben nicht mehr durch den Dampfdruck, sondern vielmehr durch die, der Maschine innewohnende lebendige Kraft vorwärts getrieben, und damit beginnt die Bremsarbeit. Sobald sich der Druck ausgeglichen hat, wird bis zu Ende des Hubes Luft angesogen, unter einem Druck, der wegen der Widerstände in Rohr und Schiebercanälen etwas geringer als eine Atmosphäre sein wird. Diese Druckerniedrigung beim Ansaugen sowohl, wie auch die Druckerhöhung über die Kesselspannung beim Zurückpressen des Gegendampfes hängt sowohl von der Geschwindigkeit des Kolbens, als auch ganz besonders von der Dampfspannung ab. Bei einer Atmosphäre ist diese Differenz nahezu gleich Null, während sie bei 9 Atmosphären ungefähr auf $1/_5$ Atmosphäre steigt. Die Versuchsreihe ist leider nicht umfangreich genug, um ein bestimmtes Gesetz aufstellen zu können.

Während also innerhalb der ganzen Periode von Position 2 bis zu Ende des Hubes der Cylinder in Folge des gewöhnlichen Reversirens atmosphärische Luft aus der Rauchkammer durch das Blasrohr ansaugt, wird bei Anwendung des Lechatelier'schen Apparates der Blasrohrraum bei geöffnetem, nicht, wie irrthümlicherweise von Zeuner und Linde angegeben wird, bei geschlossenem Blasrohr mit einer Mischung von Kesseldampf und Wasser angefüllt, die dann ihrerseits statt der Luft in die Cylinder tritt. Es wird dadurch das für die Schieberflächen und Cylinderwandungen so nachtheilige Ansaugen der halbverbrannten Kohlentheilchen vermieden, andererseits jedoch findet ein nicht geringer Dampfverlust statt, da das Blasrohr fortwährend vollständig geöffnet ist.

Die Beimischung des Wassers soll den Dampf vor dem Ueberhitzen während der Compressionsperiode schützen. Durch diese Vorsichtsmaßregel, die den Dampf im gesättigten Zustande erhält, wird aber vielleicht mehr geschadet als genützt.

Daß keine Bedenken erregenden Ueberhitzungen eintreten können, ersieht man erstens aus den geringen Compressionsperioden der Diagramme für die Coulissenpositionen, wo die Bremse mit Erfolg benutzt werden kann, und überdies auch noch aus dem Umstande, daß kein Führer an der Schweizer Bahn den Apparat anwendet; allerdings erstens, weil derselbe wegen des großen Dampfverlustes nicht ökonomisch ist, weil ferner möglicherweise die Steigungsverhältnisse denselben entbehrlich machen, drittens aber, weil sich im Cylinder eine so beträchtliche Wassermenge ansammelt, daß sämmtliche Schmiere mit fortgerissen wird und ein Aussprengen der Cylinderdeckel zu befürchten ist. Ich habe bei vorliegenden Versuchen nur das Dampfventil geöffnet, da das vom Führerstande zum Blasrohr gehende Dampfrohr nicht vor Abkühlung geschützt ist und somit ziemlich nassen Dampf führen wird.

Auf der kurzen Strecke von Anfang des Rückganges bis zur Position 3 wird Luft, der oben erwähnten Widerstände halber, von etwas über eine Atmosphäre Spannung zum Blasrohre hinausgepreßt. Bei 3 beginnt die Compression nach der adiabatischen Curve, und bei 4 endlich tritt der frische Kesseldampf in den Cylinder (jetzt also hinter den Kolben).

Linde macht jetzt die Annahme, die Geschwindigkeit des Kolbens sei so groß, daß, wie aus seinem ideellen Diagramme hervorgeht, der Dampf erst nach beendigtem Hube die Kesselspannung erreicht hat. Wenn man nun auch zugestehen muß und wird, daß wegen dem allmäligen Oeffnen und Schließen durch den Vertheilungsschieber das effective Diagramm von dem theoretischen ziemlich bedeutend abweicht, so liegt doch im vorliegenden Falle durchaus kein Grund vor, der uns zu so ungünstigen Annahmen, wie Linde sie voraussetzt, berechtigen könnte. Der Kolben wird sich bei der Contredampfwirkung offenbar nicht schneller bewegen, als bei der regulären Arbeit. Wenn also der Dampf hier im Stande war, arbeitverrichtend dem Kolben zu folgen, so wird er dort nur um so früher die Kesselspannung erreichen. Die Versuche bestätigen

Nach den neuen Versuchen von Bauschinger („Civilingenieur", Band XIII. und XIV.) stimmen sämmtliche Annahmen nicht mit der Wirklichkeit überein. Er geht deshalb von der einfachsten, der Mariotte'schen aus, da dieselbe überdies noch am wenigsten abweicht, und schließt daraus, daß dem Kesseldampfe mindestens 35 bis 40 Procent Wasser beigemischt sein müsse. Nach den Regnault'schen Versuchen, die durch die Formel:

$$T = \frac{p v}{B} + \beta \sqrt[4]{p}$$

von Zeuner zusammengefaßt werden, gestalten sich die Verhältnisse noch ungünstiger, da hiernach die Temperatur noch höhere Werthe erhält, so daß man gezwungen ist, eine noch größere Wassermenge im Kesseldampfe vorauszusetzen.

Wenn nun auch Bauschinger auf Tabelle XI. für die Maschine „Ampfing" als Maximalbeimischung 70 Proc. Wasser gefunden hat, und somit 50 Procent sicher noch als zulässig erscheinen dürfte, so ist doch wohl anzunehmen, daß diese difficilen Fragen nicht durch die der Betrachtung zu Grunde gelegten Indicatorcurven beantwortet werden können, sondern daß man, wie Bauschinger selbst ausspricht, zur Bestimmung des Expansionsgesetzes von schärfer gezeichneten Curven einer langsamer umgehenden Maschine ausgehen muß. Aus einer genauen Curvengleichung könnte man dann rückwärts auf das Gesetz der Wärmezuführung der Cylinderwandungen an den expandirenden Dampf schließen, indem man die bekannte $v = f(p)$ in die Gleichung:

$$dQ = \frac{A}{k-1}(v\,dp - k\,p\,dv)$$

einsetzt. (Zeuner, „Civilingenieur", Band XIII, Heft 6.)

zeigen, daß man die hier entstehende Curve durch eine Gerade ersetzen kann, die mit zunehmender Geschwindigkeit stärker gegen die Abscissenaxe geneigt ist.

Es soll, um die Größe der durch die Diagramme eingeschlossenen Flächen vergleichen zu können, eine Kesselspannung von 9 Atmosphären angenommen werden. Ferner sei, der Einfachheit halber, das Cylindervolum auf 1 Cubikmeter festgesetzt; der schädliche Raum zwischen der äußersten Kolbenposition und dem Vertheilungsschieber betrage 5 Procent der Cylinderfüllung. Dann ist:

$$p_2' v_2'^{\mu} = p_k v_k^{\mu}; \quad x_k = 0{,}7; \quad \mu = 1{,}105;$$

$$p_2' = 9\left(\frac{5}{12}\right)^{1{,}105} = 3{,}42 \text{ Atmosphären};$$

$$p_2 = p_3 = 1 \text{ Atmosphäre.}$$

Für Luft, also beim gewöhnlichen Reversiren, ist:

$$p_4 = p_3\left(\frac{v_4}{v_3}\right)^k = \left(\frac{98}{79}\right)^{1{,}41} = 1{,}35 \text{ Atmosph.}$$

Für den Apparat von Lechatelier hingegen ist:

$$p_4 = \left(\frac{98}{79}\right)^{1{,}105} = 1{,}28 \text{ Atmosph.}$$

$$p_k = 9 \text{ Atmosphären.}$$

Für die Versuche wurde ein Richard'scher Indicator (von J. Goldschmid in Zürich) angewendet. Derselbe war direct an die vordere Seite des Cylinders angeschraubt, und wurde auf ihn die Bewegung des Kreuzkopfes durch ein eingeschaltetes Hebelwerk übertragen. Die Diagramme wurden auf der schiefen Ebene von Öslikon nach Zürich abgenommen.

Die Steuerung der Locomotive ist eine Allan'sche (Fig. 3) mit verhältnißmäßig kurzen Stangen. Das Verhältniß, in welchem die Arme des doppeltarmigen Hebels stehen, ist: $\frac{b}{a} = 1{,}778$, während es nach Zeuner

$$\frac{b}{a} = \frac{l_0}{l}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{l}{l_1}}\right) = 1{,}889$$

sein soll, um eine Verschiebung des Oscillationsmittelpunktes zu vermeiden., Aus diesem Grunde und überdies, da die wirkliche Länge der Schieberlappen nicht nachgemessen werden konnte, wurde nur das Indicatordiagramm für die äußerste Coulissenstellung wiedergegeben. Für diese Position konnte das Schieberdiagramm und der entsprechende Expansionsgrad: $\varepsilon = 0{,}74$ aus der vorhandenen Steuerung bestimmt werden. — Die für die übrigen Expansionsgrade, sowohl bei geöffnetem, als auch bei geschlossenem Regulator, abgenommenen Diagramme verlieren umsomehr an Zuverlässigkeit, je mehr sie sich dem todten Punkte der Maschine nähern, bei welchem sogar ein nicht unbedeutendes Arbeitsdiagramm zum Vorscheine kommt. Die den einzelnen Arbeitsperioden entsprechenden Druckverhältnisse stimmen so gut mit den berechneten überein, daß über das Diagramm selbst nach dem Vorausgegangenen nichts mehr zu erwähnen ist. — Das Diagramm (Fig. 4) ergiebt die größte Bremsarbeit und zwar steigt hier, wegen der bedeutenden Druckdifferenz, die Curve AB, die immerhin als Gerade angesehen werden kann, unter dem ziemlich spitzen Winkel $\alpha = 18^{\circ}\,30'$ an, trotzdem die Geschwindigkeit eine verhältnißmäßig große ist, wie sie bei Güterzügen niemals überschritten wird. Bei kleineren Druckdifferenzen und so besonders unter sonst gleichen Verhältnissen bei geschlossenem Regulator steigt die Curve langsamer. Bei der gleichen Kesselspannung von 9 Atmosphären erhielten wir in letzterem Falle $\alpha = 27^{\circ}\,30'$; bei 6,5 Atmosphären $\alpha = 33^{\circ}$. Man ersieht hieraus, daß die Ansteigewinkel α außer von der Geschwindigkeit des Zuges noch durch die Spannungsdifferenz beeinflußt wird. Um jedoch das wirklich hier auftretende Gesetz zu bestimmen, konnte leider keine genügende Anzahl Diagramme abgenommen werden.

Ferner verdient noch das combinirte Diagramm (Fig. 5) einer speciellen Besprechung, da sich durch dasselbe nicht unwichtige Schlußfolgerungen auf die Anwendung der Dampfbremse überall und speciell, mit Berücksichtigung der Krauß'schen Bremse, auf das zulässige Maximum der Bremsarbeit ziehen lassen. — Man erkennt auf demselben deutlich zwei ganz verschiedene Curvengänge, von denen der eine ein Arbeitsdiagramm beim Expansionsgrad $\varepsilon = 0{,}74$, der andere ein Bremsdiagramm für $\varepsilon = 0{,}64$ repräsentirt. Diese Erscheinung erklärt sich folgendermaßen. Durch den ziemlich starken Regen, der während des Versuches eingetreten war, wurden die Schienen so schlüpfrig, daß die Adhäsion nicht genügte, um in beiden Cylindern die volle Kesselspannung von allerdings nur 6,5 Atmosphären aufzunehmen. Es trat also beim Bremsen mit $\varepsilon = 0{,}74$ ein Schleudern der Triebräder nach rückwärts ein, so daß durch den Indicator das erste Arbeitsdiagramm verzeichnet werden mußte. Als der Führer die Steuerung auf $\varepsilon = 0{,}64$ legte, hatte die Locomotive nur während eines sehr kurzen Zeitraumes in beiden Cylindern zugleich Volldampf zurückzupressen, und um diese Periode, die überdies bei ungünstigen Winkeln der Pleuelstangen eintritt, zu überwinden, genügt das Beharrungsvermögen der in Bewegung begriffenen Theile, so daß man also hier das zweite, Bremsdiagramm, erhält.

Wenn nun auch das Wetter sehr ungünstig war, so sieht man doch, daß für diese Witterungsverhältnisse das erste Bremsdiagramm für die schwere, mit drei gekuppelten Triebaxen versehene Güterzugslocomotive zu groß war, daß also die Dampfbremse vollständig ihren Dienst versagte.

Wenn man auf die Dimensionen der vorliegenden Maschine eingeht, so ist das Gewicht derselben im dienstfähigen Zustande = 35 Tonnen.

Der Cylinderdurchmesser = 0,42 Meter,
„ Kurbel „ = 0,61 „
„ Triebrad „ = 1,40 „

so daß bei einem Kesseldrucke von 9 Atmosphären der nothwendige Minimalreibungscoefficient $= \frac{1}{6,6}$ ist, wie man aus einer einfachen Rechnung findet. Derselbe hat, unter der Voraussetzung, daß Sand gestreut wird, nach Krauß*) seinen zulässigen Werth noch nicht überschritten.

Nicht jedoch darf er durch Einwirken des zweiten Cylinders erhöht werden.

II.

Reversiren bei geschlossenem Blasrohre.

(Zeh'sche Klappe mit zurückgelegter Steuerung.)

Das einfache Reversiren hat außer der schnellen Abnutzung von Schieber und Cylinder durch die mitgenommenen Kohlentheilchen noch ein schnelles Steigen der Kesselspannung zur Folge, da die Maschine als Druckpumpe wirkt und bei jedem Hube fast eine ganze Cylinderfüllung atmosphärische Luft in den Kessel fördert. Diese beiden Uebelstände werden durch den Mechanismus von Lechatelier beseitigt; dennoch kann dieser Apparat nicht vollkommen befriedigen, da eine ziemliche Quantität Kesseldampf, den man in den Blasrohrraum hineinströmen läßt, unbenutzt entweicht. Würde man das Blasrohr absperren, so würde der durch den Lechatelier'schen Apparat in den Blasrohrraum tretende Kesseldampf in jenem die Kesselspannung herstellen. In Position 2 hätten wir demnach erneuerten Kesseldampfeintritt vor dem Kolben, nur mit dem Unterschiede, daß dieser durch die Ausströmung in den Cylinder gelangt, während der bis 1 wirkende unter gewöhnlichen Verhältnissen eintrat. Es wäre demnach nichts erreicht, als eine fehlerhafte Dampfwirkung. Zeh sperrt nun das Blasrohr ab und stellt die Steuerung auf den größten Expansionsgrad nach vorn, so daß die gewonnene Arbeit der Maschine ein Minimum wird. Aus der Betrachtung eines unter diesen Bedingungen abgenommenen Diagrammes geht jedoch hervor, daß jene dennoch zu groß ist, als daß eine genügende Retardationsarbeit erzielt werden könnte. Es liegt nun sehr nahe, die Bremsarbeit zu untersuchen, welche der Anwendung der Zeh'schen Klappe mit vollkommen zurückgelegter Steuerung entspricht, welche Combination ein sehr befriedigendes Resultat liefert. Ohne die Uebelstände mit sich zu führen, die mit dem gewöhnlichen Reversiren und dem Lechatelier'schen Apparate verbunden sind, erhält man ein Bremsdiagramm, welches sogar noch um etwas größer ist, als bei jenen.

*) Heusinger's „Organ", 1866, S. 16.

Die Vorgänge hier gestalten sich ganz analog denen, die bei der gewöhnlichen Contredampfwirkung auftreten, nur daß man hier für die Strecke 2 bis 3 (Fig. 6) die Spannung des abgesperrten Blasrohrraumes statt der atmosphärischen Luft einzuführen hat. Es sollen jetzt, um spätere Wiederholen zu vermeiden, die verschiedenen Vorgänge gleich unter den Voraussetzungen betrachtet werden, die bei dem einfachen Umsteuern gemacht wurden. Kesselspannung: $p = 9$ Atmosphären; Cylindervolum = 1 Cubikmeter; schädlicher Raum des Cylinders = 0,05; Blasrohrraum zwischen dem Schieber und der Zeh'schen Klappe = 1/3 = 0,333.

Man kann dann die Dampfspannungen in den verschiedenen Kolbenstellungen leicht aus folgender Betrachtung entnehmen:

Bei jedem einfachen Hube gelangen die 5 Proc. Kesseldampf des schädlichen Raumes in den Blasrohrraum, also $0{,}05\,\gamma_k$, wo γ_k die Dichtigkeit des Kesseldampfes ist, während (93 + 5) Proc. Dampf von derjenigen Dichtigkeit in den Kessel gefördert werden, die nach zurückgelegten 7 Procent des neuen Hubes (Position 3) in dem Blasrohrraume und Cylinder vorhanden ist: $0{,}98\,\gamma_3$.

Nach einigen Hüben wird der Beharrungszustand eingetreten sein, in welchem beide Dampfmengen gleich sein müssen. Für $p_k = 9$ Atmosphären und $x = 0{,}7$ ist: $\gamma_k = 6{,}798$, demnach ist: $\gamma_3 = \frac{0{,}05}{0{,}98} . 6{,}798 = 0{,}347$.

Diese Dichtigkeit ist nahezu identisch mit der am Ende des alten Hubes herrschenden. Es sind demnach

$$0{,}333 . 0{,}347 = 0{,}116 \text{ Kilogr. Dampf}$$

von der, dem γ_3 entsprechenden Spannung, $p_3 = 0{,}554$ Atmosphären bei Beginn des neuen Hubes im Blasrohrraume. Zu diesen 0,083 Kilogr. treten in der Position 2 die von 1 bis 2 nach der adiabatischen Curve expandirten 5 Procent Kesseldampf, so daß also in diesem Augenblicke vor dem Cylinder und im Blasrohrraume zusammen:

$$0{,}05 . \gamma_k + 0{,}333 . \gamma_3 = [(0{,}07 + 0{,}05) + 0{,}333]\,\gamma_2$$

Kilogramm Dampf enthalten sind. Daraus ergiebt sich die bei 2 nach der Vereinigung herrschende Dichtigkeit γ_2 und die entsprechende Spannung p_2:

$$\gamma_2 = \frac{0{,}456}{0{,}45} = 1{,}014; \quad p_2 = 1{,}73.$$

Für den Enddruck der Expansionsperiode von 1 auf 2 erhält man: $p_2' = 9\left(\frac{5}{12}\right)^{1.105} = 3{,}42$. Im Punkte 2 gleicht sich demnach der vor dem Cylinder herrschende Druck: $p_2' = 3{,}42$ mit dem Drucke im Blasrohrraume $p_3 = 0{,}554$ aus zu einem Mitteldrucke $p_2 = 1{,}73$. Der Druck am Ende der Compression ist: $p_4 = 0{,}554\left(\frac{0{,}98}{0{,}79}\right)^{1.135} = 0{,}724$.

Es konnten leider für diesen Fall keine Versuche angestellt werden, da die Locomotive kein verschließbares Blasrohr besitzt, und somit ein vollständig luftdichter Verschluß desselben mit zu viel Schwierigkeiten verbunden war. Uebrigens sind hier betreffs des Ansteigens der Curve beim Einströmen des Gegendampfes genau dieselben Schlüsse, wie sub I. zu ziehen, da sich beide nur durch die Druckdifferenz unterscheiden. Die dortigen Versuchsresultate beziehen sich also auch auf diesen Fall.

III.
Dampfrepressions-Bremse.
(System Krauß.)

Die Repressionsbremse besteht im Princip darin, daß der Regulator geschlossen und der nach außen hin abgesperrte Blasrohrraum mit dem Kesseldampfe in Verbindung gesetzt wird. Die Dampfwirkung ist demnach der regulären direct entgegengesetzt. Der Dampf strömt durch die Ausströmung ein und durch die Einströmungscanäle aus. Wenn die Maximalbremsarbeit gefordert wird, entweicht der Dampf durch eine am Dampfkammerrohre angebrachte Hahn- und Ventilvorrichtung, während er für gewöhnlich in die bis zum Regulatorschieber A reichende Dampfkammer eintritt, welche einen ähnlichen Einfluß auf die Wirkungsweise des Apparates hat, wie der Blasrohrraum sub II. Der Inhalt derselben wurde auf Grund der Linde'schen Annahmen zu 33 Procent Cylinderfüllung gerechnet.

A. Repressions-Bremse bei geschlossenem Hahne.

Ebenso wie bei II. muß auch hier für den Beharrungszustand die bei jedem einfachen Hube in die Dampfkammer gelieferte Dampfmenge gleich der ausströmenden sein. Der bei 2 (Fig. 7) vor dem Kolben sich befindende Dampf wird durch die äußere Schieberkante abgeschnitten. Derselbe expandirt im Cylinder bis zu 3 und wird dann mit dem neu hinzutretenden Dampfe zusammen in den Kessel zurückgepreßt. Der bei 4 noch hinter dem Kolben sich befindende Kesseldampf hingegen wird bis 1 comprimirt und gelangt in diesem Zustande in die Dampfkammer. Beide Dampfmengen sind nach einigen Kolbenspielen gleich:

$$0{,}79 \,.\, \gamma_2 = 0{,}12\, \gamma_k.$$

Wenn wir nach Bauschinger 30 Procent Wasser im Kesseldampfe nach Eintritt in den Cylinder annehmen, also $x_k = 0{,}7$, so ist für $p_k = 9$ Atmosphären:

$$\gamma_k = \frac{1}{x_k \mu + 0} = 6{,}798.$$

Wird nun ferner angenommen, der Dampf sei bis zur Position 2 wegen der von den Cylinderwandungen abgegebenen Wärme aufgetrocknet, also $x_2 = 1$, so ist der diesem $\gamma_2 = 1{,}033$ ensprechende Druck $p_2 = 1{,}96$ Atmosphären. Da diese Spannung durch keinerlei Vorgänge verändert wird, so werden in der Dampfkammer $0{,}33\,\gamma_2 = 0{,}344$ Kilogr. Dampf am Ende des Hubes sein. Zu diesen treten die 12 Procent Kesseldampf, also:

$$0{,}12 \,.\, \gamma_k = 0{,}816 \text{ Kilogramm},$$

so daß beim Beginne des neuen Hubes $1{,}160 = 0{,}38\,\gamma_1$ Kilogramm in der Kammer enthalten sind. Der Dampf kommt allerdings eben aus der Compressionsperiode, mischt sich jedoch mit dem der Dampfkammer; es soll daher für die specifische Dampfmenge ein Mittelwerth genommen werden: $x_1 = 0{,}85$. Es entspricht dann dem $\gamma_1 = 3{,}053$ ein Druck $p_1 = 4{,}71$.

Verfolgt man also den Proceß, so expandirt zuerst der Dampf in der Dampfkammer und dem Cylinder von $p_1 = 4{,}71$ auf $p_2 = 1{,}96$. In 2 wird die Verbindung zwischen Cylinder und Dampfkammer aufgehoben und der im ersteren sich befindende Dampf expandirt allein weiter von 2 bis 3, also von p_2 auf:

$$p_3 = 1{,}96 \left(\frac{79}{98}\right)^{1{,}135} = 1{,}535 \text{ Atmosphären.}$$

In der Position 3 beginnt das Einströmen des frischen Gegendampfes in den Cylinder, gewissermaaßen ein Voreinströmen des Gegendampfes. Da die Kurbel sich gerade im todten Punkte befindet, der Kolben sich daher mit geringer Geschwindigkeit bewegt, so wird der hinter denselben tretende Dampf bald die Kesselspannung erreichen. Um das Ansteigen des hier in Frage stehenden Curvenstückes etwas eingehender zu verfolgen, soll der in Zeuner's „Locomotiven-Blasrohr" angedeutete Weg eingeschlagen werden.

Nach der Anmerkung auf Seite 196 ist dort:

$$\frac{dp}{p} = \frac{\pm O \frac{ds}{dt} + \mu . F . w}{O . s} . dt. \quad . \quad . \quad 1.$$

Hierin ist p der Druck des Dampfes im Cylinder; O der Querschnitt des letzteren; s der in der Zeit t zurückgelegte Weg des Kolbens; μ der Ausflußcoefficient; F der variable Querschnitt der Ausflußmündung und w die Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes.

Da hier nur das Ende des Hubes in Betracht kommt, so darf mit Zeuner, Seite 206,

$$\frac{ds}{dt} = 0 \text{ gesetzt werden,}$$

dann wird: $$\frac{dp}{p} = \frac{\mu . F . w}{O . 2r} dt. \quad . \quad . \quad . \quad 1^a.$$

Zeuner benutzt jetzt die Redtenbacher'sche Formel:

$$w = \sqrt{\frac{2 . g}{\beta} . \log . \frac{\alpha + \beta p_a}{\alpha + \beta p}},$$

da wir es hier jedoch mit großen Druckdifferenzen zu thun haben, so soll in dieselbe für $\frac{\gamma_a}{\gamma}$ der in den „Grundzügen", Seite 294, von Zeuner aufgestellte Ausdruck eingeführt werden:

$$\frac{\gamma_a}{\gamma} = \left(\frac{p_a}{p}\right)^m \ldots . m = 0{,}9393;$$

hiernach wird:

$$w = \sqrt{\frac{2.mg}{\beta} \log. \frac{p_a}{p}}; \quad . \quad . \quad . \quad 2^a.$$

dies und ferner noch:

$$dt = \frac{d\omega}{\varepsilon},$$

$$F = b.\varrho \sin(\omega + \delta),$$

$$ds = r.\sin\omega.d\omega$$

in 1^a substituirt, ergiebt:

$$\frac{d \log. p}{\sqrt{\log. p_a - \log p}} = \frac{\mu.b.\varrho}{0.2 r.\varepsilon} \sqrt{\frac{2mg}{\beta}}.\sin(\omega+\delta)\, d\omega, \quad 3.$$

welcher Ausdruck sich leicht integriren läßt, wenn man bedenkt, daß für $p = p_3$, $\omega = -\delta$ ist. Man erhält:

$$\log. \text{vulg.}\, p = \frac{C_1 - [C_2 - C_3(1 - \cos(\omega + \delta))]^2}{2{,}3026},$$

worin die Constanten folgende Werthe erhalten:

$$C_1 = 2{,}3026.\log.\text{vulg.}\, p_a,$$

$$C_2 = \sqrt{2{,}3026\,(\log.\text{vulg.}\, p_a - \log.\text{vulg.}\, p_3)},$$

$$C_3 = \frac{\mu.b.\varrho}{4.0.r.\varepsilon}\sqrt{\frac{2mg}{\beta}}.$$

Für die vorliegende Maschine Nr. 52 sind die in Figur 8 verzeichneten Curven nach dieser Gleichung berechnet worden, und zwar ergiebt sich für die verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten:

$\varepsilon = 5$: $C_1 = 2{,}1972$, $C_2 = 1{,}9027$, $C_3 = 8{,}4021$		$\varepsilon = 10$: $C_1 = 2{,}1972$, $C_2 = 1{,}9027$, $C_3 = 4{,}2010$		$\varepsilon = 15$: $C_1 = 2{,}1972$, $C_2 = 1{,}9027$, $C_3 = 2{,}8023$	
ω	p	ω	p	ω	p
$-\delta^0$	0,241	$-\delta$	0,241	$-\delta$	0,241
-20	0,391	-20	0,313	-20	0,284
-10	1,281	-10	0,593	-10	0,445
0	3,459	0	1,454	0	0,875
$+9^0 20'$	9,000	$+10$	3,985	$+10$	1,901
		$+20$	7,653	$+20$	4,059
		$+26^0 50'$	9,000	$+30$	6,995
				$+40$	8,972
				$+41^0 20'$	9,000

Die hier gefundenen Curven zeigen eine gute Uebereinstimmung mit der durch das Diagramm sub I. erhaltenen, sie lassen sich, wie dort, immer von Beginn des neuen Hubes an gerechnet, durch eine Gerade ersetzen, die mit zunehmender Winkelgeschwindigkeit mehr und mehr gegen die X-Axe geneigt ist. Wie dort erreicht auch hier der Dampf bald die Kesselspannung.

Ist dies eingetreten, so wird der Dampf durch den vorrückenden Kolben in den Kessel geschoben bis zur Stellung 4, in welchem Punkte die Compression beginnt, die Linde als unbedingt gefahrlos hinstellt und keiner genaueren Betrachtung unterzieht. Die Benutzung der Gleichung für die adiabatische Curve zeigt jedoch, daß der Maximaldruck im Cylinder nicht, wie Linde annimmt, nur circa 11 Atmosphären beträgt, sondern daß er vielmehr auf über 20 Atmosphären steigen wird. Dies ergiebt sich aus:

$$p_1' = p_4\left(\frac{12}{5}\right)^{1{,}105} = 23{,}61 \text{ Atmosphären.}$$

Hierbei wurde $x_4 = 0{,}7$ angenommen. Am Ende der Compression ist, wie eine einfache Rechnung ergiebt:

$$x_1' = 0{,}719.$$

Es ist also 1,9 Proc. Wasser verdampft. Der Dampf ist zwar nicht überhitzt, er besitzt jedoch die dem p_1' entsprechende hohe Temperatur von 221,7° Celsius. Wenn nun eine derartige Druckerhöhung aus einem vorliegenden Indicatordiagramme der Personenzug-Locomotive „Eibsee" (Fig. 9) nicht zu ersehen ist, so wird man die Ursache darin finden, daß der Vertheilungsschieber nicht im Stande ist, eine so starke Pressung von untenher zu erleiden, ohne sich zu heben. Zu der constanten Kesseldampfpressung auf den inneren Theil des Muschelschiebers kommt jetzt noch der durch die Compression bedingte Druck auf den den Aus-

strömungscanal schließenden Schieberlappen, der sich also an der entsprechenden Seite heben wird, sobald der Gesammtdruck von unten den oberen um etwas übertrifft, und für gerade diesen Gleichgewichtszustand giebt das Indicatordiagramm die Maximalpressung hinter dem Kolben an, die durch die Compression erlangt werden kann. Dieser Maximaldruck, den der Schieber von unten her ertragen kann, ist leicht für jeden gegebenen Schieber aus den bestehenden Druck- und Flächenverhältnissen zu bestimmen. Ebenso kann man rückwärts von dem Maximaldrucke ausgehen und die Schieberdimensionen so bestimmen, daß ein einseitiges Heben, was besonders bei schnellem Gange von sehr nachtheiliger, zerstörender Wirkung auf die Schieberflächen sein wird, nicht eintritt.

Schließlich ließe sich noch ein Ventil entweder im Cylinderdeckel oder im Schieber selbst anbringen, welches bei einem bestimmten Drucke den Dampf entweichen läßt. Durch Beides würde jedoch die Construction wesentlich complicirter.

B. Repressions-Bremse bei geöffnetem Hahne.

Wie oben schon erwähnt, wird bei der Repressionsbremse der Dampfkammerhahn geöffnet, sobald das Maximum der Bremsarbeit erforderlich ist. Es hat dann der in die Dampfkammer tretende Kesseldampf durch ein, sich nach außen öffnendes Ventil freien Austritt in die atmosphärische Luft, so daß sich demnach die Dampfkammer mit Dampf von einer Atmosphäre Spannung anfüllen wird, der bei 1 vor den Kolben tritt und bis 2 nach der adiabatischen Curve im Cylinder und Dampfkammerraume expandirt:

$$p_1 = 1; \quad p_2 = p_1 \left(\frac{33+5}{74+33+5}\right)^{1,105} = 0{,}806.$$

Darauf expandirt der Dampf im Cylinderraum allein weiter bis 3, wo das Voreinströmen des Gegendampfes beginnt:

$$p_3 = p_2 \left(\frac{79}{98}\right)^{1,105} = 0{,}241.$$

Von 3 an ist der Proceß identisch mit dem sub III. A. betrachteten.

IV.

Ueber den schließlichen Gewinn, respective Verlust an Wärme bei den angeführten Bremsmitteln.

Um ein klares Bild über die auftretenden Vorgänge zu erhalten, ist der ganze Proceß während einer Umdrehung in zwei Haupttheile zu theilen, und zwar so, daß in dem ersten Theile der im Cylinder wirkende Dampf vom Kessel abgeschnitten ist, während er im zweiten Theile mit demselben in Verbindung steht.

Bei der Krauß'schen Bremse, die zuerst und zwar bei geschlossenem Dampfkammerhahne betrachtet werden soll, reicht demnach die erste Hauptperiode von 4 über 1 bis 3, und die zweite von 3 bis 4.

Von 4 bis zur Position 1' wird die innere Arbeit des abgesperrten Dampfes durch die in denselben gelegte Bremsarbeit entsprechend erhöht. Bei der Position 1' jedoch erleidet der Dampf einen nicht unerheblichen Verlust dadurch, daß (um den in den „Grundzügen" eingeführten Vergleich zu gebrauchen) das Wärmegewicht von T_1' auf ein niedrigeres Temperaturniveau T_x herabfällt, allerdings zum Theil arbeitverrichtend, aber nur einen geringeren Widerstand zurückdrängend, als das Wärmegewicht selbst beträgt. Der bei diesem nicht umkehrbaren Proceß auftretenden, offenen Bewegung des Gases entspricht die lebendige Kraft eines fallenden Gewichts. Dieselbe wird beim Stillstand des Gases in Ruhe übergehen und die innere Arbeit des arbeitenden Gases vermehren und zwar in dem Maaße, daß letztere dem vorherbestimmten Drucke p_1 und der Temperatur T_1 entspricht.

Von 1 bis 2 expandiren die 12 Procent Kesseldampf gemeinschaftlich mit dem Dampfe der Dampfkammer unter Wärmezuführung durch die Cylinderwandungen. Die Arbeit des letzteren kommt hier nicht in Betracht, da der Beharrungszustand angenommen wurde, die Menge desselben also constant ist, und nur die 12 Procent Dampf einen Kreisproceß machen. Darauf verrichtet der Kesseldampf noch die Expansionsarbeit von 2 bis 3 und kommt nun wieder mit frischem Kesseldampfe in Verbindung, indem er an denselben eine dem Drucke p_3 entsprechende innere Arbeit abliefert. Es ist also in diesem ersten Haupttheile ein Verlust, resp. Gewinn an innerer Arbeit zu berücksichtigen, welcher der Differenz zwischen geleisteter und aufgenommener Arbeit + aufgenommener Wärme von den Cylinderwandungen entspricht.

$$Q_I = G\,(U_k - U_3) = G\,(q_k - q_3 + x_k \varrho_k - x_3 \varrho_3).$$

Wenn wir den vorherigen Betrachtungen gemäß einführen: $x_k = 0{,}7$ und $x_3 = 1$, so wird:

$G = 0{,}12 \,.\, \gamma_k = 0{,}816$ Kilogr. und $Q_I = -96{,}368$ Calorieen.

Das negative Zeichen deutet auf einen Gewinn an Wärme, der zu erwarten war, da die von den Cylinderwandungen abgegebene Wärme den Dampf aufgetrocknet hat.

Beim Beginn des zweiten Haupttheiles tritt wieder ein nicht umkehrbarer Proceß auf. Der Kesseldampf preßt die unter dem Drucke p_3 im Cylinder befindlichen G Kilogr. Dampf zurück, bis sie die Kesselspannung erreicht haben. Es fällt also auch hier das Wärmegewicht, einen geringeren Druck überwindend, von T_k auf ein niedrigeres Temperaturniveau T_z und kommt hier mit einer gewissen Geschwindigkeit an, die der wirbelnden Bewegung des Dampfes entspricht. Letztere erhöht ihrerseits beim Still-

stande des zurückweichenden Dampfes die innere Arbeit von U_s auf U_k. Der Kesseldampf erleidet also einen Wärmeverlust, der äußeren Arbeit entsprechend:

$$Q_1 = A.G.\int_{p=p_k}^{p=p_s} p.dv,$$

und da die Compression des Dampfes nach der adiabatischen Curve erfolgt, also:

$$p = p_3 v_3^{\mu}.v^{-\mu},$$

so ergiebt die Integration:

$$Q_1 = A.G \frac{p_3 v_3^{\mu}}{1-\mu} [v_3^{1-\mu} - v_k^{1-\mu}]$$

$$Q_1 = 82{,}351 \text{ Calorieen.}$$

Jetzt beginnt die Hauptbremsarbeit von Beginn des neuen Hubes bis zur Position 4. Da das Volum des Kessels im Vergleiche zum Cylinder als sehr groß anzunehmen ist, so kann der Gewinn an Wärme hier folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$Q_2 = A.p_k.s = 203{,}94.$$

Während dieser Periode muß nun der frische Kesseldampf die abgekühlten Cylinderwandungen erwärmen. Dabei condensirt eine gewisse Dampfmenge und die entsprechende Wärme geht verloren:

$$Q_k = G' [1-x] \varrho_k = 128{,}300 \text{ Calorieen.}$$

Demnach werden in diesem zweiten Haupttheile gewonnen:

$$Q_{II} = Q_2 - Q_1 - Q_k = -6{,}710$$

und die schließlich bei einer Umdrehung gewonnene Wärme durch eine Cylinderseite ist:

$$Q = Q_{II} - Q_I = 89{,}658.$$

Da wir es jedoch mit einer doppeltwirkenden Zwillingsmaschine zu thun haben:

$$Q' = 4Q = 358{,}632.$$

Um sich Rechenschaft über die Art und Weise zu geben, wie diese Wärme in den Kessel gelangt, denke man sich den Kessel gegenüber dem Cylinder nicht unendlich groß, sondern nehme zu unserm unverhältnißmäßig großen Cylinder einen gewöhnlichen Locomotivkessel, für welchen das Volum des Dampfes = 1,2 Cubikmeter und das des Wassers = 3,0 Cubikmeter sein mag, demnach das Gesammtvolum = 4,2 Cubikmeter beträgt. Geht nun der Kolben zurück, so wird die Kesselmischung comprimirt und zwar nach der adiabatischen Curve, wenn man nur die Bremsarbeit berücksichtigt, demnach also von der Heizung absieht. Es findet also eine Druckerhöhung statt nach:

$$p' = p\left(\frac{v_k + v_o}{v_k}\right)^{\mu}*)$$

mit welcher ein Verdampfen des dem Dampfe beigemischten Wassers verbunden ist. Wenn anfangs die specifische Dampfmenge im Kessel x war, so wird sie am Ende des Hubes x' sein. Die Differenz ist also verdampft und somit ein Mehrbetrag an innerer Arbeit in der Kesselmischung vorhanden, der einestheils dem verdampften Wasser entspricht, anderentheils in der Erhöhung der Flüssigkeitswärme des nicht verdampften Wassers besteht. Diese gesammte gewonnene Wärme muß der Bremsarbeit äquivalent sein.

Ganz analog gestalten sich die Vorgänge bei der Krauß'schen Bremse für den Fall, daß der Dampfkammerhahn geöffnet ist.

$$Q_I = G U_k - G_1 U_3 = 301{,}4;$$

$$Q_1 = A G_1 \frac{p_3 v_3^{\mu}}{1-\mu} [v_3^{1-\mu} - v_k^{1-\mu}];$$

$$Q_1 = 25{,}63;$$

$$Q_2 = 203{,}941; \quad Q_k = 128{,}300;$$

$$Q_{II} = Q_2 - Q_1 - Q_k = 50{,}01;$$

$$Q = Q_{II} - Q_I = -251{,}39;$$

$$Q' = 4Q = -1005{,}56 \text{ Calorieen}$$

ist demnach die bei diesem Proceß in beiden Cylindern verlorene Gesammtwärme bei einer Umdrehung. Der Wärmeverlust ist hier so bedeutend, weil Dampf entweicht.

Beim Reversiren mit geschlossenem Blasrohre ist während der Hauptperiode I. die Reihenfolge der einzelnen Processe eine andere. Die Betrachtung läßt sich jedoch auch hier ganz ebenso durchführen.

$$Q_I = G[U_k - U_4] = -37{,}86;$$

$$Q_1 = A G \frac{p_4 v_4^{\mu}}{1-\mu} [v_4^{1-\mu} - v_k^{1-\mu}] = 39{,}06;$$

$$Q_2 = 131{,}3; \quad Q_k = 137{,}4;$$

$$Q_{II} = Q_2 - Q_1 - Q_k = -45{,}16;$$

$$Q = Q_{II} - Q_I = -7{,}30; \quad Q' = 4Q = -29{,}20.$$

Auch hier tritt ein Wärmeverlust auf.

Aus diesen Rechnungen, die jedoch allein schon wegen der noch immer sehr zweifelhaften Hypothesen über die jedesmalige specifische Dampfmenge durchaus keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen können, würde hervorgehen, daß nur die Krauß'sche Bremse bei geschlossenem Hahne der rationellen Anforderung an eine Bremse, nämlich Aufspeicherung der Trainarbeit in dem Kessel, entspricht. Beim Reversiren mit Zeh'scher Klappe tritt ein sehr geringer Wärmeverlust auf, der beim Lechatelier'schen

*) μ darf hierin nicht nach der Formel $\mu = 1{,}035 + 0{,}100x$ bestimmt werden. Dieses empirische Gesetz gilt nach Zeuner nur, wenn x zwischen die Grenzen x = 1 bis x = 0,7 fällt. Bei vorliegendem Kessel ist jedoch, 9 Atmosphären Spannung angenommen, x = 0,0019.

Apparat und bei der Krauß'schen Bremse mit geöffnetem Hahne bedeutend durch den entweichenden Dampfe noch vermehrt wird. Ob nun überall auf diesen Gewinn oder Verlust viel Werth zu legen ist, oder ob nicht der Hauptvorzug dieser Gattung Dampfbremsen vor den übrigen gebräuchlichen darin besteht, daß sie die Bandagen nicht in dem Maaße angreifen und eine Zerstörung der arbeitenden Theile, wie sie bei starken Dampfklotzbremsen vorkommt, außer Gefahr setzt, werden die in Aussicht stehenden Versuche mit der Krauß'schen Bremse zeigen.

Immerhin ist zu beachten, daß die gewonnene Wärme verhältnißmäßig gering ist und daß derselben, wegen des verhältnißmäßig geringen Wirkungsgrades der Dampfmaschinen, durchaus nicht eine äquivalente Menge gewonnener Arbeit entspricht. Es ist neuerdings in der Münchner-Eisenbahnversammlung auf diese, für den Eisenbahnbetrieb so sehr wichtige Frage eingegangen. *)

Fast sämmtliche Bahnen kommen darin überein, daß der Apparat von Lechatelier ein gutes, brauchbares Bremsmittel ist, während die Zeh'sche Klappe den an sie geknüpften Erwartungen nicht entsprach. Ebenso giebt die bayerische Staatsbahn ein sehr günstiges Urtheil über die Krauß'sche Repressionsbremse ab, doch möchte die kurze Zeit von 3 Monaten kaum als genügend erscheinen, um über die Brauchbarkeit derselben, insbesondere aber über die Abnutzung der Schieber einen sichern Aufschluß zu geben.

*) Referate der Münchner Eisenbahnversammlung 1868. Frage B, Nr. 6.

Ferner handelt es sich bei weiterer Einführung dieses Apparates noch darum, ob nicht gar das Maximum der Bremsarbeit bei der Krauß'schen Repressionsbremse für den gewöhnlichen Betrieb zu groß ist, und ob nicht die Zeh'sche Klappe mit Benutzung der äußersten Coulissenpositionen zweckentsprechender ist, oder sogar ihrer weit größeren Einfachheit halber den Vorzug verdient. Wenn, wie durch das Diagramm (Fig. 5) gezeigt und durch die „Oesterreichische Südbahn" *) bestätigt wird, schon zu wiederholten Malen das kleine Reversionsdiagramm ein Umschlagen der Triebräder nach rückwärts bewirkt, so wird bei der noch stärkeren Krauß'schen Bremse in den meisten Fällen die Bremsarbeit durch theilweises Oeffnen des Regulators gemindert werden müssen und nur selten mit ihrer ganzen Kraft verwendet werden.

Die Einführung der Repressionsbremse in den regulären Betrieb wird zeigen, ob diese selteneren Fälle von genügender Wichtigkeit sind, um den immerhin ziemlich complicirten Apparat als einen wünschbaren Theil einer Locomotive hinzustellen, oder ob man sich lieber entschließt, die Zeh'sche Klappe in der obigen angedeuteten Weise zu benutzen.

*) Es hat sich als sehr schwierig herausgestellt, den Gegendampf in seiner ganzen Kraft continuirlich zu benutzen, weil auf der Gebirgsbahn die Reibungswiderstände des Zuges so schnell wechseln, daß die Räder der Maschine oft ganz unerwartet nach rückwärts umhauen und zu greifen aufhören, so daß der Zug in's Laufen geräth, ehe die Wagenbremsen angezogen sind.

Theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Centrifugalventilatoren.

Von

Ordinaire de Lacolonge.

(Auszugsweise mitgetheilt nach den Annales du Conservatoire für 1869.)

(Hierzu Tafel 24.)

1. Abschnitt. Blasende Ventilatoren.

§. 1. Versuche und Hypothesen, auf denen die Theorie fußt.

Die von einem Ventilator zu verrichtende Arbeit besteht darin, daß er der Luft eine gewisse Pressung mittheilt, vermittelst welcher sie nach Ueberwindung der Hindernisse in der Maschine selbst und den Röhren an der Düse mit einer gewissen Geschwindigkeit austritt.

Da diese Pressung noch unter 4 Centimetern Quecksilbersäule bleibt, so kann man, wie Poncelet nachgewiesen hat, annehmen, daß bei den Ventilatoren durch die verschiedenen Querschnitte gleiche Luftmengen hindurchgehen, auch läßt sich auf diese Maschine das von Daniel Ber-

noulli für das Wasser aufgestellte Princip anwenden, daß die bewegte Luft darin einen Druck ausübt, welcher gleich ist dem effectiven Drucke vermindert um die Geschwindigkeitshöhe.

Hierbei ist aber zu bemerken, daß ein Manometer, welches den effectiven Druck der Luft angeben soll, mit dem auffangenden Röhrenschenkel gegen den Luftstrom gerichtet sein muß.

Da die Ventilatoren stets in einem Gehäuse laufen, so nimmt die Luft eine mittlere Geschwindigkeit an, die zum Theil von der Gestalt und den Dimensionen dieses Gehäuses abhängt. Ist die Gestalt des Gehäuses von der Art, daß die Luft keine Art von Störungen der Bewegung erfährt, so wird das Luftvolumen sich nach der Austrittsöffnung in concentrischen Schichten von verschiedener Geschwindigkeit bewegen, wie dies auch durch die Rittinger'schen Versuche bestätigt wird.

Die mit den Enden der Flügel in Berührung stehende Schicht wird die Geschwindigkeit ωr_1 besitzen, wenn

ω die Winkelgeschwindigkeit und

r_1 den Halbmesser bis an das äußere Flügelende

bedeutet, und demgemäß wird in dieser Schicht die Pressung

$$\frac{P_1}{\gamma_1} = \frac{P_s}{\gamma_1} - \frac{\omega^2 r_1^2}{2g}$$

stattfinden, wenn

P_s den als gleichförmig angesehenen absoluten Druck pro Quadratmeter im Gehäuse,

P_1 den Druck am äußeren Umfange pro Qu.-Meter und

γ_1 das Gewicht des Cubikmeters Luft bei der Temperatur und dem Drucke der äußeren Luft

bedeutet.

Wenn nun die Flügelenden mit der äußeren Peripherie den Winkel α_1 bilden (Fig. 1, Taf. 24), so kann man sich die radial wirkende Kraft $\frac{\omega^2 r_1}{2g}$ in zwei Componenten zerlegt denken, wovon die eine in der Richtung der Axe der Radcanäle $\frac{\omega^2 r_1^2}{2g} \sin\alpha_1$ für die Ausflußverhältnisse allein von Einfluß ist; es ergiebt sich also der Druck in den Austrittsöffnungen der Radcanäle

$$\frac{P_1}{\gamma_1} = \frac{P_s}{\gamma_1} - \frac{\omega^2 r_1^2}{2g} \sin\alpha_1.$$

Der Druck im Luftstrome nimmt natürlich von der Austrittsöffnung bis zu dem Punkte, wo der Strom anfängt, zu.

Da zur Vermeidung von Effectverlusten die durch die Canäle des Rades austretende Luftmenge bei jeder Umdrehung auch aus dem Gehäuse ausströmen muß, so sollte man glauben, daß das Gehäuse am zweckmäßigsten eine spiralförmige Gestalt erhalten müßte, bei welcher sich der Mantel allmälig immer mehr vom Radumfange entfernt und der Luft ein ihrem Volum proportionaler Querschnitt geboten wird; es ist daher diese Form des Gehäuses von Combes und Résal als die vortheilhafteste bezeichnet worden.

Bezüglich der Luftmenge, welche aus den einzelnen Canälen des Ventilators tritt, ist zu bemerken, daß dieselbe nach der Stellung der Canäle gegen die Austrittsöffnung verschieden ist, da der Druck von der Mündung bis zum Anfangspunkte des Stromes wächst. Diejenigen Canäle, welche sich in der Nähe des Austrittshalses des Gehäuses befinden, werden ein stärkeres Ausflußquantum haben, als die entfernteren, und es ist sogar denklich, daß gewisse Canäle gar keinen Ausfluß besitzen, wenn der Druck gegen die Austrittsöffnung gleich demjenigen ist, mit welchem die Luft in Folge der Centrifugalkraft nach außen getrieben wird. Hält man leichte Körper gegen die Saugöffnung der Ventilatoren, so bemerkt man, daß dieselben nicht im ganzen Umfange dieser Oeffnung angesogen, sondern sogar auf einem Theile des Umfanges abgestoßen werden. Bei derartigen Versuchen, welche ich im Jahre 1858 anstellte, waren in die eine Seitenwand des Ventilatorgehäuses in gleichem Abstande vom äußeren Umfange und dem spiralförmigen Mantel Oeffnungen in Abständen von $\frac{1}{4}\pi$, $\frac{1}{2}\pi$, π, $\frac{3}{2}\pi$ und 2π angebracht worden und es wurde an zwei Manometern mit rechtwinklig und parallel zum Strome gerichteten Schenkeln bei gleichen Rotationsgeschwindigkeiten, sowie an einem in der Austrittsöffnung des Gehäuses angebrachten, die ganze Stärke des Stromes messenden Manometer abgelesen, wobei sich folgende Resultate ergeben:

Stellung des Manometers	$\frac{1}{4}\pi$	$\frac{1}{2}\pi$	π	$\frac{3}{2}\pi$	2π	Austritt.
perpendiculär zum Strome	+ 0,002	+ 0,006	+ 0,006	+ 0,007	— 0,009	+ 0,020
parallel „ „	(a)	+ 0,032	+ 0,016	+ 0,028	+ 0,026	+ 0,020

(a) Das Manometer zerbrach beim Festmachen.

Nach dem ersten Versuche wachsen die Pressungen vom Anfang der Spirale bis zu $\frac{3}{4}$ des Umfanges ($\frac{3}{2}\pi$), und verändern dann das Zeichen; nach dem zweiten Versuche findet aber in dem Gehäuse ein variabler Druck statt, welcher vom Anfange der Spirale bis zu einem Punkte zwischen π und $\frac{3}{2}\pi$ abnimmt, dann wächst und nachher wieder bis zur Austrittsöffnung abnimmt. Wenn im ersteren Theile die Luft in Ruhe befindlich wäre, so würde das Manometer überall denselben Druck anzeigen, wenn sein Schenkel auch verschieden gerichtet wäre; da dies aber nicht der Fall ist, so muß die Luft in Bewegung befindlich sein, sie kann aber nicht bis zur Austrittsöffnung des Gehäuses gelangen,

weil sie zwischen π und $^3/_2\pi$ aus einem niedrigeren in einen höheren Druck übergehen müßte, was bei einer regelmäßigen Geschwindigkeit der Flügel undenklich ist. Daher findet der continuirliche Austritt, welcher die Windmenge des Ventilators liefert, wahrscheinlich blos zwischen π und $^3/_2\pi$ statt, während in dem vorderen Raume blos Wirbel entstehen. Wie beim Zusammenfluß von Flüssen, oder deren Einmündung in Seeen wird aber keine plötzliche Scheidung zwischen dem abfließenden und dem blos in Wirbelbewegung befindlichen Luftstrome stattfinden, sondern die Trennungslinie dürfte eine Curve sein, welche nach Art der Linie XY in Fig. 2 vom Umfange des Kreises der Flügelenden sich allmälig nach der Austrittsöffnung des Gehäuses hinzieht.

Wenn nun die Ausflußmenge der einzelnen Radcanäle mit der Stellung der Letzteren varirt, so muß man annehmen, daß die bewegte Luft von ihrem Eintrittspunkte an in der Mitte des Rades bis zum Ausgange aus den Canälen aus übereinander hingleitenden, ihre besondere Geschwindigkeit besitzenden und unveränderlich an demselben Punkte des Umfanges austretenden Schichten bestehe, deren Fortsetzung dann durch die sich im Gehäuse bewegenden Schichten gebildet wird.

Hieraus folgt, daß es unmöglich ist, Verluste an lebendiger Kraft beim Ein- und Austritte der Luft aus den beweglichen Canälen zu vermeiden. Wären nämlich auch die Winkel, welche die Schaufel an den beiden Enden macht, so gewählt, daß die Luft keine Verluste an lebendiger Kraft an diesen beiden Punkten erführe, so würde dies doch für die andern Luftschichten keine Geltung haben, da diese sich mit einer andern Geschwindigkeit bewegen. Und somit ist die Wahl der erwähnten Winkel bei keiner Maschine von minderer Bedeutung, als bei den Ventilatoren.

Die Bestimmung des Druckes, welcher an einem bestimmten Punkte des Mantels stattfindet, ist deshalb sehr schwierig, weil die ganze bewegte Masse an den Seitenwänden gleitet und die den Flügeln zunächst liegende Schicht ungefähr die Geschwindigkeit der Flügel besitzt, während die entgegengesetzte Schicht theils an dem spiralförmigen Mantel, theils auf einer Luftschicht gleitet, deren relativer Zustand unbekannt ist. Es ist daher die Hypothese zu Grunde gelegt worden, daß der Druck an den verschiedenen Punkten des Mantels so groß sei, wie in einem Canale von gleicher Länge und einem rectangulären Querschnitte gleich demjenigen der Austrittsöffnung des Gehäuses.

Bezüglich der Art und Weise, wie sich die Luftschichten beim Eintritte in die Saugöffnung und beim Austritte aus den beweglichen Canälen benehmen, nimmt Combes an, daß die in die Saugöffnung getretenen Lufttheilchen vor dem Eintritte in die Canäle sich radial bewegen. Hiernach besäße jeder Luftstrom einen dreieckigen Querschnitt, indem er sich einerseits auf das Centrum, andererseits auf die Peripherie stützt, und sein Mittelpunkt beschriebe eine Curve. Kommt dieser Strom an den Canälen an, so hat er seinen Querschnitt unmerklich in einen rectangulären geändert, den er dann beim weiteren Verlaufe beibehält. Findet z. B. der Austritt auf einem Kreisbogen von 100° statt, so muß auch das Einsaugen auf solch einem Bogen erfolgen. Die Geschwindigkeiten an verschiedenen Punkten des Stromes verhalten sich also umgekehrt wie die Flächen, durch welche sie fließen.

Tritt die Luft in den Mantel aus, so erfolgt ein Verlust an lebendiger Kraft, der sich folgendermaaßen berechnet. Ist ab (Fig. 3) das Bogenelement, auf welchem der Luftstrom mit der relativen Geschwindigkeit u_x austritt, so muß Letzterer, da der ihm vorausgegangene Strahl den Kreis in a tangirte, die Form cabd annehmen und macht also mit dem Kreise der Flügelenden denselben Winkel, wie die Spirale mit einem concentrischen Kreise vom Halbmesser O'm. Die anfangs wenig von ωr_1 verschiedene Geschwindigkeit dieses Strahles nimmt allmälig ab bis zum Anfange des Windrohres, wo die ganze Luftmasse die mittlere Geschwindigkeit V_1 besitzt. Um nun die Verluste, welche hierbei entstehen, zu berechnen, müßte man zunächst die Größe des Winkels cab ermitteln und dann die Geschwindigkeit der Lufttheilchen an verschiedenen Punkten; wegen der Unsicherheit derartiger Untersuchungen ist aber im Nachstehenden angenommen, daß die Luftelemente, welche, das Rad normal verlassend, mit der relativen Geschwindigkeit u_x in den Mantel treten, dort sich mit der Masse Luft vereinigen, welche sich darin mit der mittleren Geschwindigkeit V_1 bewegt, und Letztere annehmen.

§. 2. Theorie der Bewegung der Luft in den blasenden Ventilatoren ohne Rücksicht auf Verluste.

Nimmt man für den Augenblick an, daß die Luft auf der ganzen Fläche der Saugöffnung eintritt, am ganzen Umfange des von den Flügelenden beschriebenen Cylinders entweicht und in einen Raum im Gehäuse gelangt, in welchem überall derselbe Druck stattfindet, und sei

u_0 die Geschwindigkeit am inneren Ende der Canäle,
u_1 „ „ „ äußeren „ „ „
P_0 der Druck in der inneren Oeffnung der Canäle,
P_1 „ „ „ „ äußeren „ „ „

so erhält man für die relative Bewegung im Innern des Rades die Gleichung:

$$M u_1^2 - M u_0^2 = 2gM\frac{P_0}{\gamma_1} + M\omega^2(r_1^2 - r_0^2) - 2gM\frac{P_1}{\gamma_1}, \quad (1)$$

indem jedes Lufttheilchen von der Masse M durch die Centrifugalkraft die Arbeit $\frac{1}{2} M\omega^2 (r_1^2 - r_0^2)$ mitgetheilt erhält.

Die Geschwindigkeit v, mit welcher die Luft durch die Saugöffnung eintritt, bestimmt sich aus dem Unterschiede zwischen dem Drucke P_1 innerhalb dieser Oeffnung und P_0 außerhalb derselben durch

$$v^2 = 2g \frac{P_1 - P_0}{\gamma_1}.$$

Eliminirt man hiernach P_0 in Gleichung (1) und dividirt man mit M, so erhält man

$$u_1^2 - u_0^2 = -v^2 + \omega^2 (r_1^2 - r_0^2) - 2g \frac{P_1 - P_1}{\gamma_1}, \text{ oder}$$

$$u_0^2 - \omega^2 r_0^2 - v^2 = u_1^2 - \omega^2 r_1^2 + 2g \frac{P_1 - P_1}{\gamma_1}. \quad (2)$$

Die mit der Geschwindigkeit v durch die Saugöffnung getretene Luft gelangt mit v_1 an die Oeffnung der beweglichen Canäle, wodurch ein Verlust an lebendiger Kraft entsteht, wenn die Dimensionen des Apparates nicht so genommen sind, daß $v = v_1$ wird. Derselbe ist aber zu vermeiden, wenn man bei einer Eintrittsöffnung

$$\pi r_0^2 v = 2\pi r_0 l v_1 \text{ oder } r_0 = 2l$$

macht, wenn

l die Breite des Ventilators

bedeutet. Sind zwei Saugöffnungen vorhanden, so muß

$$r_0 = l$$

gemacht werden.

Soll der Eintritt ohne Stoß erfolgen, so muß nach Fig. 4

$$u_0^2 = v^2 + \omega^2 r_0^2$$

sein und dann reducirt sich die Gleichung (2) auf folgende:

$$u_1^2 = \omega^2 r_1^2 - 2g \frac{P_1 - P_1}{\gamma_1} \text{ oder}$$

$$\omega_2 r_1^2 = u_1^2 + 2g \frac{P_1 - P_1}{\gamma_1}. \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Hieraus folgt, daß die Resultante der Geschwindigkeiten u_1 und ωR_1 gleich $\sqrt{2g \frac{P_1 - P_1}{\gamma_1}}$ und Letztere normal zu dem Ende der Flügel gerichtet ist. (Fig. 5.)

Die Luft entweicht also am äußern Flügelende ohne Stoß normal zum letzten Flügelelemente und mit einer Geschwindigkeit, welche der Druckdifferenz zwischen dem äußeren Ende des Canales und der Saugöffnung entspricht.

Aus Fig. 5 geht auch hervor, daß $u_1 = \omega r_1 \cos \alpha_1$ ist, worauf sich durch Substitution in Gleichung (3) ergiebt

$$\omega_2 r_1^2 \sin \alpha_1^2 = 2g \frac{P_1 - P_1}{\gamma_1};$$

unter sonst gleichen Verhältnissen fällt also die Winkelgeschwindigkeit ω um so kleiner aus, je größer $\sin \alpha_1$ ist und demgemäß ist es vortheilhaft, $\alpha_1 = 90^\circ$ zu nehmen, d. h. die Schaufelenden normal zur äußeren Peripherie zu stellen, was auch durch die Morin'schen Versuche als vortheilhaft für den Wirkungsgrad erkannt worden ist.

Nach der bereits zu Anfang von §. 1 mitgetheilten Formel

$$\frac{P_1}{\gamma_1} = \frac{P_s}{\gamma_1} - \frac{\omega^2 r_1^2}{2g} \sin \alpha_1$$

kann auch die Formel (3) folgendermaaßen geschrieben werden:

$$\omega^2 r_1^2 = u_1^2 + \left(2g \frac{P_s - P_1}{\gamma_1} - \omega^2 r_1^2 \sin \alpha_1\right),$$

wo $P_s - P_1$ den Ueberschuß des Druckes im Mantel über denjenigen in der Saugöffnung bedeutet. Drückt man diesen durch eine Luftsäule H_s und die entsprechende Geschwindigkeit durch V_s aus, so erhält man

$$2g \frac{P_s - P_1}{\gamma_1} = 2g H_s = V_s^2 \text{ und}$$

$$\omega^2 r_1^2 = u_1^2 + (V_s^2 - \omega^2 r_1^2 \sin \alpha_1), \quad . \quad . \quad (4)$$

woraus hervorgeht, daß die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in den Mantel tritt, $= \sqrt{V_s^2 - \omega^2 r_1^2 \sin \alpha_1}$ und normal zum äußersten Schaufelelemente gerichtet ist.

Da $u_1 = \omega r_1 \cos \alpha_1$ ist, so kann man statt (4) auch schreiben:

$$\omega_1^2 r_1^2 \sin \alpha_1 (1 + \sin \alpha_1) = V_s^2 \text{ oder}$$

$$\omega_1^2 r_1^2 = \frac{V_s^2}{\sin \alpha_1 (1 + \sin \alpha_1)},$$

woraus abermals folgt, daß die Winkelgeschwindigkeit um so kleiner ausfällt, je größer $\sin \alpha_1$ ist, daß aber der Winkel α_1 nicht größer als 90° genommen werden darf, weil der Nenner nur für $\alpha_1 = 0$ bis $\alpha_1 = 90^\circ$ positiv ausfällt.

Uebrigens fällt die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in die Kammer tritt, um so größer, und die relative Geschwindigkeit u_1 am Ende der Canäle um so kleiner aus, je mehr sich α_1 dem Werthe 90° nähert, denn aus (4) folgt durch Substitution von $u_1 = \omega r_1 \cos \alpha_1$:

$$\omega_1 r_1 \sin \alpha_1 = \sqrt{V_s^2 - \omega^2 r_1^2 \sin \alpha_1}. \quad . \quad . \quad (5)$$

Macht man in der letzteren Gleichung $\alpha_1 = 90^\circ$, so erhält man

$$2\omega^2 r_1^2 = V_s^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

woraus hervorgeht, daß der Drucküberschuß $P_s - P_1$ durch die doppelte Geschwindigkeitshöhe der Flügelenden gemessen wird, und da die blasenden Ventilatoren Luft von gewöhnlicher atmosphärischer Pressung einsaugen, so entspricht $P_s - P_1$ dem Ueberschuß des Druckes im Mantel über der atmosphärischen Pressung und es ist derselbe hiernach bei $\alpha_1 = 90^\circ$ gleich dem Doppelten derjenigen Luftsäule, welche der Umdrehungsgeschwindigkeit der Flügelenden entspricht.

Wenn nun die mit der Geschwindigkeit $\omega r_1 \sin \alpha_1$ eintretende Luft in dem Mantel die Geschwindigkeit V_1 annimmt, so entspricht dem ein Verlust an lebendiger Kraft

$$= \frac{1}{2} M (V_1 - \omega r_1 \sin\alpha_1)^2,$$

wenn man nicht $V_1 = \omega r_1 \sin\alpha_1$ macht. Es muß sich also

$$\frac{V_1^2}{V_s^2} = \frac{\sin\alpha_1}{1 + \sin\alpha_1}$$

verhalten und für $\alpha_1 = 90^0$, folgt hieraus:

$$V_s^2 = 2 V_1^2 = 2.(\omega r_1)^2, \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

d. h. das Quadrat der Geschwindigkeit im Umlaufe muß halb so groß sein, als das Quadrat derjenigen Geschwindigkeit, welche der durch die Druckdifferenz $P_s - P$ gemessenen Höhe H_s entspricht.

§. 3. Theorie der Bewegung der Luft in blasenden Ventilatoren unter Berücksichtigung der Widerstände.

Nennt man x die Länge eines Bogens vom Halbmesser 1, also $r_1 x$ den entsprechenden Bogen vom Halbmesser r_1, dQ das unendlich kleine Volumen eines sich in den Canälen bewegenden Luftfadens, so ist $r_1 dx$ die unendlich kleine Stärke und $r_1 x$ der Abstand eines solchen Elementes vom Ursprunge der Spirale, $r_1 (2\pi - x)$ aber der Abstand vom Halse des Ventilators. Da ein solcher elementarer Luftfaden beim Eintritte im Querschnitte dreieckig ist, so hat man bei einer Saugöffnung:

$$dQ = \frac{1}{2} r_0^2 v dx,$$

bei zwei solchen Oeffnungen

$$dQ = r_0^2 v dx.$$

Wenn das Luftelement an den Canälen anlangt, so ist

$$dQ = r_0 l v_1 dx,$$

beim Eintritte in die Canäle

$$dQ = r_0 l u_0 \sin\alpha_0 dx,$$

und beim Austritte aus denselben

$$dQ = r_1 l u_x \sin\alpha_1 dx,$$

wenn u_x die relative Geschwindigkeit eines Luftfadens am Ende des Canales, wo derselbe in den Umlauf ausbläst, im Abstande $r_1 x$ vom Anfange der Spirale,

u_0 und v_1 die Geschwindigkeiten desselben Luftfadens an den angegebenen Punkten bedeuten.

Hiernach ist also

$$\left.\begin{aligned} u_0 &= \frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0 \sin\alpha_0} u_x \\ v_1 &= \frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0} u_x \\ v &= \frac{r_1 l \sin\alpha_1}{r_0^2} u_x \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

oder wenn zwei Saugöffnungen vorhanden sind:

$$v = 2 \frac{r_1 l \sin\alpha_1}{r_0^2} u_x. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Was die Verluste an lebendiger Kraft anlangt, so ist derjenige beim Eintritte in die Saugöffnung nach Poncelet*):

$$dM \left(\frac{1}{\mu} - 1\right)^2 v^2 = dM a v^2, \quad . \quad . \quad (10)$$

wo μ einen zwischen 0,6 und 0,95 variirenden Contractionscoefficienten bedeutet, und derjenige, welcher durch die Ablenkung der Luftfäden aus der axialen in die radiale Richtung bewirkt wird,

$$dM (0{,}0039 + 0{,}0186 r') \frac{e}{r'^2} v''^2, \quad . \quad . \quad (11)$$

wenn r' den Radius des Viertelkreises der Ablenkung,
e die Länge dieses Bogens,
v'' die Geschwindigkeit der Bewegung

bedeutet. Man kann annehmen, daß

$$r' = \frac{\frac{r_0}{2} + \frac{l}{4}}{2} = \frac{2 r_0 + l}{8}, \quad v'' = \frac{v + v_1}{2} \text{ ist,}$$

daher wird bei zwei Oeffnungen obiger Verlust

$$dM \left(0{,}0039 + 0{,}0186 \frac{2 r_0 + l}{8}\right) \frac{\pi (v + v_1)^2}{2 (r_0 + l)}, \quad (11)$$

und bei einer Saugöffnung

$$dM \left(0{,}0039 + 0{,}0186 \frac{r_0 + l}{4}\right) \frac{\pi (v + v_1)^2}{2 (r_0 + l)}, \quad (12)$$

wofür der Kürze halber geschrieben werden soll:

$$dM b (v + v_1)^2.$$

Der Verlust in den beweglichen Canälen ist nach der Röhrenformel: $\frac{\gamma Q'}{g} \beta \frac{p}{F} L v'''^2$ zu berechnen, worin

γ die Dichtigkeit,
Q' das Luftvolumen,
v''' die Geschwindigkeit der Luft in den Canälen,
p der Perimeter der Canäle,
F der Querschnitt,
L die Länge,
β einen zwischen 0,00295 und 0,00320 schwankenden Coefficienten

bedeutet. Sind nun n Flügel vorhanden, so beträgt der mittlere Querschnitt der Canäle $F = \frac{1}{2} (r_1 + r_0) \pi l$, der mittlere Perimeter $p = \frac{2\pi}{n} (r_1 + r_0) + 2l$, die Länge annähernd $L = r_1 - r_0$, die mittlere Geschwindigkeit v''', $= \frac{u_0 + u_x}{2}$, folglich der Verlust an lebendiger Kraft:

*) Théorie de la turbine Fourneyron, 1838, p. 8.

$$2\,dM\beta\left(\frac{1}{l}+\frac{n}{\pi\,(r_1+r_0)}\right)(r_1-r_0)\left(\frac{u_0+u_x}{2}\right)^2$$
$$= dM.c\left(\frac{u_0+u_x}{2}\right)^2. \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Führt man nun in diese drei Ausdrücke die Werthe von v, v_1, u_0 ein, welche sich aus Gleichung (8) ergeben, so erhält man für zwei Saugöffnungen:

$$\left.\begin{aligned} & dM.a.\ \frac{r_1^2 l^2 \sin\alpha_1^2}{r_0^4}\,u_x^2 \\ & dM.b.\ \frac{r_1^2\sin\alpha_1^2}{r_0^2}\left(1+\frac{l}{r_0}\right)^2 u_x^2 \\ & dM.c.\ \frac{1}{4}\left(1+\frac{r_1\sin\alpha_1}{r_0\sin\alpha_0}\right)^2 u_x^2, \end{aligned}\right\}\quad (14)$$

für eine Saugöffnung:

$$\left.\begin{aligned} & dM.a.\ \frac{4 r_1^2 l^2 \sin\alpha_1^2}{r_0^4}\,u_x^2 \\ & dM.b.\ \frac{r_1^2\sin\alpha_1^2}{r_0^2}\left(1+\frac{2l}{r_0}\right)^2 u_x^2 \\ & dM.c.\ \frac{1}{4}\left(1+\frac{r_1\sin\alpha_1}{r_0\sin\alpha_0}\right)^2 u_x^2 \end{aligned}\right\}\quad (15)$$

und es läßt sich für diese drei Verluste zusammen der kürzere Ausdruck

$$dM\,A\,u_x^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

einführen.

Der Druck in dem Ausblashalse hängt von den Widerständen in der Leitung und folglich auch von der Form dieser Leitung ab. Ist dieselbe ein Rohr von constantem Querschnitte, welches in eine Düse endigt, so kann die zuletzt benutzte Formel $M\frac{p}{F}\beta L v$ angewendet werden, welche zeigt, daß die Widerstände um so geringer sind, je kürzer und je weiter das Rohr ist.

Ist

P_b der Druck in der Düse unmittelbar vor dem Ende,

$h = \frac{P_b - P}{\gamma_1}$ die Luftsäule, welche dem Ueberdrucke über die atmosphärische Pressung entspricht, und

$V = \sqrt{2gh}$ die entsprechende Geschwindigkeit,

m aber der Contractionscoefficient,

so ergiebt sich der Verlust an lebendiger Kraft beim Austritt aus der Düse

$$dM\left(\frac{1}{m}-1\right)^2 V^2. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Ist ferner

F_1 der Querschnitt der Leitung vor der Düse,

d_1 der Durchmesser,

L_1 die Länge,

F der Querschnitt der Düse,

$V_1 = \frac{F}{F'}V$ die Geschwindigkeit in der Leitung,

so erhält man den Verlust:

$$dM\beta\pi\frac{d_1}{F_1}L_1\left(\frac{F}{F_1}\right)^2 V^2. \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Ist die Leitung mit dem Gehäuse durch einen Hals verbunden, der mit einer Röhre von dem mittleren Querschnitte F_2, Durchmesser d_2 und Länge L_2 verglichen werden kann, so ist darin die Geschwindigkeit $V_2 = \frac{F}{F_2}V$ und es berechnet sich somit für den Austritt aus diesem Halse ein Verlust an lebendiger Kraft

$$dM\beta\pi\frac{d_2}{F_2}L_2\left(\frac{F}{F_2}\right)^2 V^2. \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Die letztangeführten drei Verluste lassen sich in den Ausdruck

$$dMBV^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

zusammenfassen und die Luftsäule h_p, welche den Ueberdruck P_p am Anfange der Leitung über den atmosphärischen Druck P ausdrückt, wird daher ausgedrückt werden können durch die Gleichung:

$$h_p = (1+B)\frac{V^2}{2g} = (1+B)\,h. \quad . \quad (21)$$

Bezüglich der Verluste in dem Umlaufe wurde oben angenommen, daß dieselben ungefähr denjenigen gleich zu setzen sein möchten, welche die Luft in einem gleich langen Canale mit ebenen Wänden von dem Querschnitte des Halses erfahren würde. Der Punkt des Austrittes eines Luftelementes befindet sich im Abstande $r_1(2\pi - x)$ vom Halse und der Querschnitt beträgt daselbst, wenn

e die Höhe dieser Mündung bedeutet,

el, der Perimeter $2(e+l)$, die mittlere Geschwindigkeit,

$$V_1 = \frac{F}{el}V,$$

daher der Verlust an lebendiger Kraft auf dem Wege $r_1(2\pi - x)$:

$$dM\beta\frac{2(e+l)}{el}r_1(2\pi - x)\left(\frac{F}{el}\right)^2 V^2, \quad . \quad (22)$$

wofür wir schreiben:

$$dM\vartheta r_1(2\pi - x)\left(\frac{F}{el}\right)^2 V^2. \quad . \quad . \quad (23)$$

Bezeichnet noch P_x den Druck an dem bezeichneten Punkte und h_x die Luftsäule, welche den Ueberdruck über die Atmosphäre mißt, also $h_x = \frac{P_x - P}{\gamma_1}$, so muß h_x gleich sein h_p, vermehrt um die Luftsäule, welche erforderlich ist, um die Luft von dem Punkte $r_1 x$ bis zum Halse zu bewegen; man hat also

$$h_x = \frac{1}{2g}\left(1 + B + \vartheta r_1 (2\pi - x)\left(\frac{F}{el}\right)^2\right) V^2. \quad (24)$$

Beim Eintritte der mit der Geschwindigkeit v_1 zuströmenden Luft in die Radcanäle findet ein Verlust an lebendiger Kraft statt, der mit Bezugnahme auf Fig. 6 zu ermitteln ist. Ist α_0 der Winkel des inneren Schaufelendes, so ist die Componente der Geschwindigkeit normal zur Schaufelfläche $v_1 \cos\alpha_0$, diejenige der Umdrehungsgeschwindigkeit $\omega r_0 \sin\alpha_0$, daher der Verlust an lebendiger Kraft

$$dM\,(v_1 \cos\alpha_0 - \omega r_0 \sin\alpha_0)^2.$$

Die Componenten der betrachteten beiden Geschwindigkeiten in der Richtung der Schaufeln sind $v_1 \sin\alpha_0$ und $\omega r_0 \cos\alpha_0$ und sie würden der Luft in dieser Richtung die Geschwindigkeit $v_1 \sin\alpha_0 + \omega r_0 \cos\alpha_0$ mittheilen, wenn dieselbe nicht die Geschwindigkeit u_0 besäße; daher ergiebt sich hier wieder ein Verlust

$$dM\,(v_1 \sin\alpha_0 + \omega r_0 \cos\alpha_0 - u_0)^2.$$

Wird nun in die Summe der beiden obigen Ausdrücke aus (8) der Werth von v_1 und u_0 substituirt, so erhält man

$$dM\left(\left(\frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0 \operatorname{tang}\alpha_0}\right)^2 u_x^2 - 2\,\frac{\sin\alpha_1}{\operatorname{tang}\alpha_0}\,\omega r_1 u_x + \omega^2 r_0^2\right). \quad (25)$$

Beim Austritte aus den beweglichen Canälen erhält man in gleicher Weise wie beim Eintritte (Fig. 7):

$$dM\,[(\omega r_1 \sin\alpha_1 - V_1)^2 + (\omega r_1 \cos\alpha_1 - u_x)^2] = dM\,(u_x^2 + \omega^2 r_1^2 + V_1^2 - 2\omega r_1 u_x \cos\alpha_1 - 2\omega r_1 V_1 \sin\alpha_1). \quad (26)$$

Die Summe der unter 25 und 26 aufgeführten Verluste beträgt,

weil $\dfrac{\sin\alpha_1}{\operatorname{tang}\alpha_0} + \cos\alpha_1 = \dfrac{\sin(\alpha_0 + \alpha_1)}{\sin\alpha_0}$ und $V_1 = \dfrac{F}{el} V$ ist,

$$dM\left[\left(1 + \left(\frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0 \operatorname{tang}\alpha_0}\right)^2\right) u_x^2 - 2\omega r_1 \frac{\sin(\alpha_0 + \alpha_1)}{\sin\alpha_0} u_x + \omega^2 (r_1^2 + r_0^2) - 2\omega r_1 \frac{FV}{el} \sin\alpha_1 + \left(\frac{FV}{el}\right)^2\right]. \quad (27)$$

Wird nun in die Gleichung (2) für die relative Bewegung der Luft in den Radcanälen (ohne Rücksicht auf die Verluste an lebendiger Kraft) der auf Seite 345 gegebene Ausdruck für P_1 substituirt, so erhält man:

$$u_1^2 = u_0^2 - v^2 + \omega^2 (r_1^2 - r_0^2) - 2g\,\frac{P_a - P_1}{\gamma_1} + \omega^2 r_1^2 \sin\alpha_1$$

und hieraus erhält man die Gleichung für die relative Bewegung eines Luftfadens, wenn man ersetzt:

P_a durch die effective Pressung P_x an der Stelle im Mantel, wo der Faden austritt,

u_1 durch u_x,

u_0 und v durch die in Gleichung 8 und 9 gegebenen Ausdrücke,

P_1 durch P, endlich

$\dfrac{P_x - P}{\gamma_1}$ durch h_x.

Nach einigen Umformungen ergiebt sich:

$$\left[1 - \left(\frac{r_1}{r_0}\sin\alpha_1\right)^2 \left(\frac{1}{\sin\alpha_0^2} - \frac{l^2}{r_0^2}\right)\right] u_x^2 = \omega^2\,[r_1^2 (1 + \sin\alpha_1) - r_0^2] - 2g h_x.$$

Stellt man nun in das zweite Glied die oben berechneten und vorher durch dM dividirten Ausdrücke für die Verluste an lebendiger Kraft und beachtet man, daß $\dfrac{1}{\operatorname{tang}\alpha_0^2} - \dfrac{1}{\sin\alpha_0^2} = -1$,

so folgt als Gleichung für die relative Bewegung eines Luftelementes:

$$\left[A + 2 + \left(\frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0}\right)^2 \left(\frac{l^2}{r_0^2} - 1\right)\right] u_x^2 - 2\omega r_1 \frac{\sin(\alpha_0 + \alpha_1)}{\sin\alpha_0} u_x =$$
$$\omega^2 (r_1^2 \sin\alpha_1 - 2 r_0^2) + 2\omega r_1 \frac{FV}{el} \sin\alpha_1 - \left[1 + B + \left(\frac{F}{el}\right)^2 \left(1 + \vartheta r_1 (2\pi - x)\right)\right] V^2. \quad (28)$$

Setzt man hierin:

$$\left.\begin{aligned}
&A + 2 + \left(\frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0}\right)^2 \left(\frac{l^2}{r_0^2} - 1\right) = C,\\
&\omega r_1 \frac{\sin(\alpha_0 + \alpha_1)}{\sin\alpha_0} = D,\\
&\omega^2 (r_1^2 \sin\alpha_1 - 2 r_0^2) + 2\omega r_1 \frac{FV}{el} \sin\alpha_1 - \left[1 + B + \left(\frac{F}{cl}\right)^2 (1 + 2\pi\vartheta r_1)\right] V^2 = b',\\
&\vartheta r_1 \left(\frac{F}{el}\right)^2 V^2 = c',
\end{aligned}\right\} \quad (29)$$

so wird einfacher:

$$u_x^2 - 2\frac{D}{C}u_x = \frac{b' + c'x}{C}. \quad . \quad . \quad (30)$$

Dies ist die Gleichung einer Parabel, deren oberer Zweig zwischen angemessenen Grenzen von x genommen, den Ort der Geschwindigkeiten u_x repräsentirt.

Sie bezieht sich auf blasende Ventilatoren mit zwei Saugöffnungen; ist nur eine Saugöffnung vorhanden, so ändert sich das Glied u_x^2, indem ein verschiedener Werth von A einzuführen ist (Gleichung 15) und indem für C zu setzen ist:

$$A + 2 + \left(\frac{r_1 \sin\alpha_1}{r_0}\right)^2 \left(\frac{4 l^2}{r_0^2} - 1\right). \quad . \quad (31)$$

Aus Gleichung (30) folgt:

$$u_x = \frac{D}{C} \pm \sqrt{\left(\frac{D}{C}\right)^2 + \frac{b' + c'x}{C}}. \quad . \quad (32)$$

Trägt man nun in den Fig. 8, 9, 10 die Werthe von x als Abscissen und diejenigen von u_x als Ordinaten auf, so bekommt die Curve zum Durchmesser eine Parallele zur x Axe, bestimmt durch

$$u_x = \frac{D}{C},$$

und dieser Durchmesser liegt über, oder unter, oder in der Axe selbst, je nachdem $\frac{D}{C}$ positiv, oder negativ, oder gleich Null ist. Das Zeichen von D ist, da der Winkel α_0 zwischen 0° und 180° liegen muß, also $\sin\alpha_0$ stets positiv ist, vom Vorzeichen des Werthes $\sin(\alpha_0 + \alpha_1)$ abhängig, welcher zwischen +1 und −1 schwanken kann. Der Werth von C ist bei einem gegebenen Ventilator stets zu berechnen möglich, also auch der Werth $\frac{D}{C}$ bestimmt. Es ist jedoch zu beachten, daß bei Ventilatoren mit 2 Saugöffnungen C positiv wird, wenn $l \geqq r_0$ ist, desgleichen bei einem Ventilator mit 1 Oeffnung, wenn $2l \geqq r_0$ ist, und daß also das Zeichen von D blos von $\sin(\alpha_0 + \alpha_1)$ abhängt.

Die Curve schneidet den Durchmesser an dem Punkte, für welchen die Größe unter dem Wurzelzeichen = 0 wird, also ist die Abscisse des Scheitels:

$$x = -\frac{D^2 + Cb'}{Cc'},$$

und dieser Scheitel kann liegen, entweder auf der Seite der negativen x, oder auf der Ordinatenaxe, oder auf der Seite der positiven x. Die Curve der Werthe von u_x kann sich auf die in den Figuren 8 bis 10 dargestellten 9 verschiedenen Weisen repräsentiren.

Für einen gegebenen Ventilator, dessen Dimensionen bekannt sind, läßt sich aus einer einzigen Beobachtung die Winkelgeschwindigkeit ω bestimmen, bei welcher an der Düse die Geschwindigkeit V stattfinden wird; es sind hier auch alle Coefficienten der Gleichung (28) bekannt, so daß die Curve leicht construirt und derjenige der 9 Fälle angegeben werden kann, auf den sie sich bezieht. Wenn aber ein Ventilator construirt werden soll, so kann man zwar seine Dimensionen bestimmen, aber ehe man zur Ausführung schreitet, muß man wissen, ob seine Geschwindigkeit und sein Wirkungsgrad entsprechend sein werden, ω ist also unbekannt und die Gleichung (28) unbestimmt. Deshalb muß man noch ein bisher nicht berücksichtigtes Element zu Hilfe nehmen, nämlich die Ausflußmenge Q.

Nun ist es einleuchtend, daß in den obigen 9 Fällen der in Betracht zu nehmende Theil der Curve zwischen $x = 0$ und 2π liegt. Der Ausfluß kann in der ganzen Spiralwindung oder einem Theile derselben stattfinden, er kann zweitens allmälig mit Null beginnen, oder plötzlich mit einer gewissen Geschwindigkeit, oder anfangs negativ und dann positiv werden; es muß also ein Punkt M existiren, wo der Ausfluß beginnt und dieser Punkt kann auf dem Bogen $2\pi r_1$ eine beliebige Stellung zwischen 0 und $2\pi r_1$ einnehmen, wo dann $r_1 X$ den Bogen vom Anfange der Spirale bis zu dem fraglichen Punkte mißt.

Für das Element der Ausflußmenge, welches im Abstande $r_1 x$ austritt, ist nach Seite 351:

$$dQ = r_1 l \sin\alpha_1 u_x dx,$$

daher findet man durch Integration:

$$Q = FV = r_1 l \sin\alpha_1 \int_x^{2\pi} u_x dx. \quad . \quad . \quad (33)$$

Die Frage nach dem Punkte X ist daher zurückgeführt auf die Quadratur der Parabel und man hat

$$\frac{FV}{r_1 l \sin\alpha_1} = \int_x^{2\pi} u_x dx = \frac{D}{C}(2\pi - X) \pm \frac{2C}{3c'}\left[\left(\frac{D^2}{C^2} + \frac{b' + 2\pi c'}{C}\right)^{3/2} - \left(\frac{D^2}{C_2} + \frac{b' + c'X}{C}\right)^{3/2}\right]. \quad (34)$$

Ist zunächst $\sin(\alpha_0 + \alpha_1) > 0$ und liegt X zwischen 0 und 2π (Fig. 8^a und 9^b), so gilt für den Scheitel der Parabel

$$\frac{D^2}{C^2} + \frac{b' + c'X}{C} = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35$$

und daher wird aus Gleichung (34):

$$\frac{FV}{r_1 l \sin\alpha_1} = \frac{D}{C}(2\pi - X) + \frac{2}{3} \cdot \frac{C}{c'}\left(\frac{D^2}{C^2} + \frac{b' + 2\pi c'}{C}\right)^{3/2}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

Nennt man noch

$$2\pi - X = y,$$

wo also y den Bogen, auf welchem der Austritt erfogt, gemessen auf einem Kreise mit dem Radius 1 bedeutet, so erhält man

$$\frac{FV}{r_1 l \sin\alpha_1} = \frac{D}{C} y + \frac{2}{3}\frac{C}{c'}\left(\frac{c'}{C} y\right)^{3/2},$$

und nach Substitution der Werthe von D und c' aus (29):

$$\frac{\omega}{V} = \frac{C\sin\alpha_0}{r_1 \sin(\alpha_0+\alpha_1)}\left[\frac{F}{r_1 l \sin\alpha_1}\cdot\frac{1}{y} \mp \frac{2}{3}\frac{F}{el}\sqrt{\frac{\vartheta r_1 y}{C}}\right] \quad (37)$$

Wird in ähnlicher Weise mit der Gleichung (35) operirt und

$$C' = \left(\frac{r_1\sin(\alpha_0+\alpha_1)}{\sin\alpha}\right)^2\frac{1}{C} + r_1^2\sin\alpha_1 - 2r_0^2$$

gesetzt, so ergiebt sich

$$\frac{\omega}{V} = -\frac{F r_1\sin\alpha_1}{elC'} \pm \sqrt{\left(\frac{1}{C'}\right)^2\left(\frac{F}{el}r_1\sin\alpha_1\right)^2 + \frac{1}{C'}\left[1+B+\left(\frac{F}{el}\right)^2(1+\vartheta r_1 y)\right]} \quad (38)$$

Aus diesen beiden Gleichungen (37) und (38) wäre allerdings $\frac{\omega}{V}$ und y zu bestimmen, eine graphische Lösung, bei welcher die beiden Curven aus einzelnen Punkten construirt und die Werthe von $\frac{\omega}{V}$ und y aus den Figuren abgegriffen werden, verdient aber den Vorzug. Negative Werthe von y sind unmöglich, da X dann $> 2\pi$ sein müßte, was so viel hieße, als daß der Ventilator gar nicht bliese. Erhält man für y einen größeren Werth als 2π, so müßte X negativ sein, was nach der Voraussetzung nicht möglich ist; es wäre also dann eine andere Methode zu versuchen.

In dem zweiten Falle, wo der Ausfluß am Anfange der Spirale plötzlich mit einer durch Gleichung (32) gegebenen Geschwindigkeit u beginnt, $\sin(\alpha_0+\alpha_1)$ aber ebenfalls > 0 ist, hat man, wenn man in (32) $x = 0$ setzt, (Fig. 8, 1):

$$U = \frac{D}{C} \pm \sqrt{\frac{D^2}{C^2}+\frac{b'}{C}}, \quad (39)$$

und aus Gleichung (34):

$$\frac{FV}{r_1 l\sin\alpha_1} = \frac{D}{C}2\pi \pm \frac{2C}{3c'}\left[\left(\frac{D^2}{C^2}+\frac{b'+2\pi c'}{C}\right)^{3/2} - \left(\frac{D^2}{C^2}+\frac{b'}{C}\right)^{3/2}\right]. \quad (40)$$

Da in dieser Gleichung blos eine Unbekannte ω vorkommt, so ließe sie sich daraus bestimmen, bequemer ist aber die graphische Lösung, um deren willen wir die Hilfsgröße

$$\frac{D^2}{C^2}+\frac{b'}{C} = Z^2 \quad (41)$$

einführen wollen, so daß nach Substitution der Werthe von D und b' aus (28) erhalten wird:

$$\frac{Z}{V} = \sqrt{\left[\left(\frac{r_1\sin(\alpha_0+\alpha_1)}{C\sin\alpha_0}\right)^2 + \frac{1}{C}(r_1^2\sin\alpha_1 - 2r_0^2)\right]\frac{\omega^2}{V^2} + \frac{2r_1}{C}\frac{F}{el}\frac{\omega}{V}\sin\alpha_1 - \frac{1}{C}\left[1+B+\left(\frac{F}{el}\right)^2(1+2\pi\vartheta r_1)\right]}. \quad (42)$$

Macht man dieselben Substitutionen in Gleichung (40), so ergiebt sich:

$$\left(\frac{Z}{V}\right)^3 = \left[\left[\left(\frac{r_1\sin(\alpha_0+\alpha_1)}{C\sin\alpha_0}\right)^2 + \frac{r_1^2\sin\alpha_1 - 2r_0^2}{C}\right]\frac{\omega^2}{V^2} + \frac{2r_1}{C}\frac{F}{el}\frac{\omega}{V}\sin\alpha_1 - \frac{1}{C}\left(1+B+\left(\frac{F}{el}\right)^2\right)\right]^{3/2}$$
$$-\frac{3}{2}\frac{\vartheta r_1}{C}\left(\frac{F}{el}\right)^2\left[\frac{F}{r_1 l\sin\alpha_1} - 2\pi\frac{r_1\sin(\alpha_0+\alpha_1)}{C\sin\alpha_0}\frac{\omega}{V}\right]. \quad (43)$$

Der Durchschnitt der den beiden letzten Gleichungen entsprechenden Curven giebt dann den gesuchten Werth von $\frac{\omega}{V}$.

Sei drittens der Werth des Gliedes $\sin(\alpha_0+\alpha_1) = 0$, also $D = 0$ und (Fig. 9, 2 und 3):

$$b' + c'X = 0 \text{ oder } b' = -c'X, \quad (44)$$

so giebt dann Gleichung (34):

$$\frac{FV}{r_1 l\sin\alpha_1} = {}^2/_3\frac{C}{c'}\left(\frac{c'y}{C}\right)^{3/2} \text{ oder}$$

$$y = \frac{1}{r_1}\sqrt[3]{\frac{9}{4}\frac{Ce^2}{\vartheta\sin\alpha_1^2}}. \quad (45)$$

Durch Substitution der Werthe von b' und c' folgt dann aus (44):

$$\left(\frac{\omega}{V}\right)^2(r_1\sin\alpha_1 - 2r_0^2) + 2\frac{\omega}{V}r_1\frac{F}{el}\sin\alpha_1 - \left(1+B+\left(\frac{F}{el}\right)^2(1+\vartheta r_1 y)\right) = 0,$$

und diese Gleichung giebt die numerischen Werthe von $\frac{\omega}{V}$, wenn man diejenigen von y berechnet hat, oder direct, wenn man vorher y aus Gleichung (45) darin substituirt hat.

Sollte viertens der Werth von y größer als 2π sein, so wäre der Fall analog demjenigen, für welchen Gleichung (38) gilt (Fig. 9, 1), man hat also zu substituiren

$$\sin(\alpha_0 + \alpha_1) = 0$$

in Gleichung 42 und 43, die Curven zu construiren und aus ihrem Durchschnitte den Werth $\frac{\omega}{V}$ zu bestimmen.

Ist fünftens das Glied $\sin(\alpha_0+\alpha_1) < 0$ und liegt X zwischen 0 und 2π, so schneidet die Parabel die X Axe in dem Punkte, für welchen (Fig. 10, 2 und 3)

$$U = \frac{D}{C} + \sqrt{\left(\frac{D}{C}\right)^2 + \frac{1}{C}(b'+c'X)} = 0.$$

Hieraus folgt:

$$b' + c'X = 0 \quad \text{und} \quad \frac{FV}{r_1 l \sin\alpha_1} = \frac{D}{C}y + \frac{2C}{3c'}\left[\left(\frac{D^2}{C^2} + \frac{b'+2\pi c'}{C}\right)^{3/2} - \frac{D^3}{C^3}\right].$$

Hierfür kann man nach Einführung der Werthe von D, b' und c' schreiben:

$$y = \frac{C\sin\alpha_0}{r_1\sin(\alpha_0+\alpha_1)\frac{\omega}{V}}\left[\frac{F}{r_1 l\sin\alpha_1} - \frac{2Ce^2l^2}{3\vartheta r_1 F^2}\left[\left\{\frac{\omega_2}{V^2}\left(\frac{r_1^2\sin(\alpha_0+\alpha_1)^2}{C^2\sin\alpha_0^2} + \frac{r_1^2\sin\alpha_1 - 2r^2_0}{C}\right) + \right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left. + \frac{2r_1}{C}\cdot\frac{F\sin\alpha_1}{el}\cdot\frac{\omega}{V} - \left(1 + B + \frac{F^2}{e^2l^2}\right)\frac{1}{C}\right\}^{3/2} - \left(\frac{r_1\sin(\alpha_0+\alpha_1)}{\sin\alpha_0}\right)^3\frac{\omega^3}{V^3}\right]\right]. \quad (47)$$

Wie im 4. Falle führt die Gleichung $b'+c'X = 0$ auf die Form (46) und hierauf auf die Gleichung

$$y = \frac{e^2l^2}{\vartheta r_1 F^2}\left[\left(\frac{\omega}{V}\right)^2(r_1^2\sin\alpha_1 - 2r_0^2) + 2\frac{\omega}{V}r_1\frac{F}{el}\sin\alpha_1 - \left(1 + B + \frac{F^2}{e^2l^2}\right)\right]. \quad . \; . \; . \; (48)$$

Construirt man diese und die letzte Gleichung, so erhält man aus dem Durchschnitte dieser Curven die gesuchten Werthe von $\frac{\omega}{V}$ und y.

Wäre sechstens $y > 2\pi$, so müßte man einen andern Weg einschlagen, denn (Fig. 10, 1) es ist dann

$$X = 0 \qquad U = \frac{D}{C} + \sqrt{\left(\frac{D}{C}\right)^2 + \frac{b'}{C}},$$

was auf die Gleichungen (42) und)43) führt, wenn man nur beobachtet, daß $\sin(\alpha_0+\alpha_1)$ das Zeichen wechselt.

Bei allen vorgehenden Ableitungen ist C als ein monomes und constantes Glied angesehen worden, da es sich gegenwärtig nicht darum handelte, die besten Dimensionen für einen Ventilator zu suchen, sondern diejenige Geschwindigkeit, bei welcher ein gegebener Ventilator den gewünschten Effect geben würde.

Die überhaupt möglichen sechs Fälle reduciren sich auf vier. Das Vorzeichen von $\frac{D}{C}$ giebt die Methode an, nach welcher zu verfahren ist, indem man X zwischen 0 und 2π nimmt; wird X negativ, so ist der eingeschlagene Weg nicht der richtige und ein anderer Weg zu versuchen, was vom Vorzeichen des Quotienten $\frac{D}{C}$ nicht abhängt. Die graphischen Lösungen scheinen stets sehr weitläufig und es sind daher einfachere Lösungen unter Entwickelung der $^3/_2$ Potenzen in Reihen versucht worden. Dies gelingt nur im 2., 3., 4. und 6. Falle, während beim 1. und 5. Falle, die gerade die am häufigsten vorkommenden sind, die Anwendung von Curven nicht zu umgehen ist; überdies muß man gewisse Glieder vernachlässigen, die nicht unbedeutend genug sind, um ohne Einfluß auf die Richtigkeit der Resultate zu bleiben. Benutzt man den Rechenmaaßstab zur Auffuchung des ersten Werthes, so wird man, da y nicht über 2π betragen kann, leicht auf 2zweistellige Zahlen kommen, zwischen denen der gesuchte Werth liegt, und wenn man dann mit Logarithmen rechnet so schränkt man die Grenzen derart ein, daß man nur zwei gerade Linien, oder mit Hilfe des Curvenlineales durch drei Punkte zwei Curvenstücken zu ziehen braucht, deren Durchschnitt alsdann die Lösung giebt. Beispiele werden dies deutlicher zeigen.

Bevor wir weiter gehen, wollen wir aber noch einige allgemeine Bemerkungen machen. In den oben betrachteten Fällen sind allemal die beiden letzten Gleichungen homogen in Beziehung auf ω und V und enthalten keine unabhängigen Glieder, woraus folgt, daß für einen gegebenen Ventilator die Verhältnisse $\frac{\omega}{V}$ und $\frac{u_x}{V}$ constant sind, daß also für ihn die Austrittsgeschwindigkeit bei der Düse und die Ausflußmenge Q der Winkelgeschwindigkeit oder Umdrehungszahl proportional ist, also:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}. \quad . \; . \; . \; . \; . \; (49)$$

Wenn nun die Manometerstände sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten, so kann man auch sagen:

$$\frac{H}{H_1} = \frac{\omega^2}{\omega_1^2} = \frac{n^2}{n_1^2}, \quad . \; . \; . \quad (50)$$

und da die Nutzarbeit $= QH\gamma = F.V.\frac{V^2}{2g}\gamma$, so verhalten sich die Nutzarbeiten wie die Cuben der Geschwindigkeiten oder Umdrehungen:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{n_3}{n_1^3}. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (51)$$

Bei manchen Ventilatoren tritt zu den oben berücksichtigten Widerständen noch ein zeither nicht erwähnter Verlust hinzu, den die beweglichen Scheiben verursachen, welche zur Verbindung der Flügel angewendet sind, wie beim Lloyd'schen Ventilator. Auch beim Rittinger'schen Ventilator sind solche Scheiben vorhanden, welche sich sehr nahe an den festen Wänden vorbeibewegen und ein Luftquantum absperren, das aller Wahrscheinlichkeit nach sich mitbewegt und an den festen Wänden reibt. Der entsprechende Widerstand kann wie bei der Fourneyron'schen Turbine durch die von Poncelet angegebene Formel

$$2\pi\frac{\gamma}{g}\beta\omega^3\left(\frac{2r_1^5 - r_0^5}{5}\right),$$

und der Verlust in Theilen der Nutzarbeit durch

$$4/_5\,\pi\beta\frac{\omega^3}{V^3}(2r_1^5 - r_0^5)\frac{1}{F} \quad . \; . \; . \quad (52)$$

ausgedrückt werden.

Durch die Zapfenreibung geht noch die Arbeit

$$2\pi\varrho f K\frac{n}{60} = fK\varrho\frac{\omega}{V}V$$

verloren, wenn

ϱ den Halbmesser der Wellzapfen,
f den etwa 0,05 betragenden Reibungscoefficienten,
K den Druck auf die Zapfenlager,
n die Zahl der Umdrehungen pro Minute

bedeutet. Diese Arbeit in Theilen der Nutzarbeit $\left(\frac{\gamma QV}{2g}\right)^2$ ausgedrückt giebt:

$$\frac{1800\,g}{\gamma\pi^2}\,\frac{f}{Fn^2}K\varrho\left(\frac{\omega}{V}\right)^3. \quad . \; . \; . \quad (53)$$

Wenn nun von den oben berechneten Verlusten an lebendiger Kraft, welche der Bewegung der Luft durch den Ventilator entsprechen, die Hälfte genommen wird, so erhält man die verlorene Arbeit für ein Luftelement, welches im Abstande x vom Anfange der Spirale in den Mantel eintritt, und zwar beträgt die Summe

$$\frac{1}{2}dM(Ru_x^2 + R_1\omega u_x + R_2\omega^2 + R_3\omega V + R_4V^2), \quad (54)$$

wo R, R_1 u. s. w. Coefficienten bedeutet, welche constant und bereits bekannt sind. Nun ist nach Seite 358:

$$dM = \frac{\gamma dQ}{g} = \frac{\gamma r_1 l\sin\alpha_1}{g}u_x d_x,$$

daher giebt obige Gleichung:

$$\frac{\gamma}{2g}r_1 l\sin\alpha_1(Ru_x^3dx + R_1\omega u_x^2 d_x) + \frac{\gamma}{2g}r_1 l\sin\alpha_1(R_2\omega^2 + R_3\omega V + R_4V^2)u_x d_x.$$

Durch Integration zwischen den Grenzen X und 2π und Division mit der Nutzarbeit $Q\frac{V_2}{2g}\gamma = \gamma F\frac{V^3}{2g}$ erhält man:

$$\frac{r_1 l\sin\alpha_1}{F}\left[R\int_x^{2\pi}\frac{u_x^3}{V^3}d_x + R_1\frac{\omega}{V}\int_x^{2\pi}\frac{u_x^2}{V^2}dx\right] + R_2\left(\frac{\omega}{V}\right)^2 + R_3\frac{\omega}{V} + R_4. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (55)$$

Obwohl die Integration nicht schwierig ist, so kann sie doch umgangen werden. Bezeichnet nämlich u_m eine gleichförmige Geschwindigkeit, bei welcher durch den Querschnitt $yr_1 l\sin\alpha_1$ das totale Ausflußquantum Q stattfinden würde, so hätte man:

$$r_1 l\sin\alpha_1\int_X^{2\pi}u_x dx = Q = FV = yr_1 l\sin\alpha_1 u_m,$$

also:

$$u_m = \frac{FV}{yr_1 l\sin\alpha_1}. \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (56)$$

Demgemäß und da man bei den Verlusten an lebendiger Kraft unbedingt nach Mittelwerthen rechnen kann, ist zu setzen:

$$\left.\begin{aligned} R\int_X^{2\pi}u_x^2 dM &= MRu_m^2 \\ \int_X^{2\pi}u_x dM &= MR_1u_m \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \quad (57)$$

und man erhält daher für den totalen Verlust an Arbeit:

$$\frac{1}{2}M(Ru_m^2 + R_1\omega u_m + R_2\omega^2 + R_3\omega V + R_4V^2).$$

Dividirt man mit $\frac{1}{2}MV^2$, setzt man für die Coefficienten R, R_1, R_2 u. s. w. ihre Werthe aus (14), (20) (23) ein und fügt man die Arbeit der passiven Widerstände dazu, so erhält man

bringen, wovon

$$\frac{\omega}{V} = \frac{m_1}{y} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (62)$$

eine Hyperbel, bezogen auf ihre Asymptoten, repräsentirt. Verzeichnet man dieselbe und trägt man hierauf an den Ordinaten nach oben und unten $n_1 \sqrt{y}$ an, so erhält man als Repräsentation der Gleichung (37) eine Curve mit 4 Zweigen, da aber weder $\frac{\omega}{V}$, noch y negativ sein können, so braucht man blos die Zweige auf der Seite der positiven Coordinaten zu betrachten.

Die Axe der Ordinaten macht die Asymptote der Curven, da für $y = 0$ $\frac{\omega}{V} = \infty$ wird. Für $y = \infty$ ist $\frac{\omega}{V} = \pm \infty$, es erstrecken sich also die beiden Zweige unendlich weit, der eine oberhalb, der andere ober- und unterhalb der Abscissenaxe. Der untere Zweig schneidet die Ordinatenaxe im Abstande

$$y = \sqrt[3]{\frac{m_1^2}{n_1^2}} = \frac{1}{r_1} \sqrt[3]{\frac{9 C e^2}{4 \vartheta \sin \alpha_1^2}} = OK,$$

der untere Zweig nähert sich der Abscissenaxe und bietet ihr die convexe Seite dar. Nach der Methode der Maxima und Minima findet sich für den Punkt M

$$\frac{d \frac{\omega}{V}}{d y} = -\frac{m_1}{y^2} \mp \frac{n_1}{2 \sqrt{y}} = 0,$$

$$y = \sqrt[3]{\mp 4 \frac{m_1^2}{n_1^2}} = \frac{1}{r_1} \sqrt[3]{\mp \frac{9 C e}{\vartheta \sin \alpha_1^2}} = OM = \sqrt[3]{4} . OK = 1{,}58 \, OK.$$

Die entsprechenden Ordinaten sind:

$$\frac{\omega}{V} = m_1 \sqrt[3]{\frac{n_1^2}{4 m_1^2}} \mp n_1 \sqrt[6]{\frac{4 m_1^2}{n_1^2}} = (1 \mp 2) \sqrt[3]{\frac{n_1^2 m_1}{4}} = (1 \mp 2) \frac{F \sin \alpha_0}{l r_1 \sin(\alpha_0 + \alpha_1)} \sqrt[3]{\frac{\vartheta C^2}{9 e^2 \sin \alpha_1}},$$

so daß MG dreimal so groß als MG_1 ausfällt.

Auch diese Curven sind leicht zu verzeichnen, der obere Zweig der Parabel schneidet die beiden Zweige der Curve 4. Grades und es giebt zwei Lösungen, wovon die günstigere offenbar die ist, welche dem Punkte N_1 entspricht, der seinerseits dem +Zeichen in Gleichung 38 und dem —Zeichen in Gleichung 36 entspricht.

Da in Gleichung (38) $\frac{F}{e l}$ niemals der Einheit gleich wird, der äußere Radius selten 1 Meter erreicht und C stets weit größer als 1 ausfällt, so muß ϑ stets sehr klein und auch der Coefficient

$$^2/_3 \frac{F}{e l} \sqrt{\frac{\vartheta r_1}{C}}$$

meist so klein ausfallen, daß man ihn vernachlässigen kann und Gleichung (36) übergeht in:

$$\frac{\omega}{V} = \frac{C F \sin \alpha_0}{l r_1^2 \sin \alpha_1 \sin (\alpha_0 + \alpha_1)} \cdot \frac{1}{y} \quad . \quad (63)$$

Diese repräsentirt eine Hyperbel, welche zwischen den beiden Zweigen der Curve 3. Grades hindurchgeht. Ihr Schnitt mit der Parabel der Gleichung (38) würde also eine mittlere Lösung zwischen den in den Punkten N und N_1 der Fig. 12 enthaltenen Werthen geben und für die Praxis genügend genau sein, doch wird auf diesem Näherungswege nicht viel an Mühe und Arbeit gewonnen.

---

§. 4. Versuche mit meinem Ventilator auf der Ausstellung vom Jahre 1855.

Da die vorstehende Theorie von den zeitherigen Theorieen nicht unwesentlich abweicht, so war es sehr wichtig, sie durch Versuche zu prüfen, und hierzu sollen die im Conservatorium der Künste und Gewerbe mit dem von mir zur Ausstellung gesandten Ventilator angestellten Versuche dienen, sowie das Rittinger'sche Werk die Gelegenheit bietet, eine von dem genannten Verfasser mit einem für einen Holzkohlenhohofen construirten Ventilator abgeführte Versuchsreihe zu vergleichen.

Der von mir ausgestellte Ventilator sollte den Wind

für 3 Wilkinson'sche Oefen à 130 Lit. = 390 Lit. pr. Sec.
20 Schmiedefeuer à 30 „ = 600 „ „ „
Summe = 990 Liter,

oder rund 1 Cubikmeter Luft pro Secunde von 0,01 Meter Quecksilbersäule oder 0,13598 Meter Wassersäule liefern, was bei 15° mittlerer Temperatur und 1,2298 Kilogr. Gewicht pro Cubikmeter Luft einer Luftsäule von 110,571 Meter entspricht.

Hieraus ergiebt sich die Geschwindigkeit

$$V = \sqrt{2 g . 110{,}571} = 46{,}577 \text{ Meter}.$$

Der Ventilator besaß die in Fig. 2 angegebene Einrichtung $r_1 = 0{,}495$, $r_0 = 0{,}13$, $e = 0{,}1465$, $l = 0{,}1565$ Meter, $\nu = 8$. Er hatte keine Düse, sondern die Spirale endete in einen Canal von 0,52 Meter Länge von demselben rechteckigen Querschnitte, wie der Hals. Die Flügel waren anfangs nach dem Radius, an den Enden schwach

convex gestaltet und bildeten dort mit dem Kreisumfange einen Winkel von 90°, hier von 87° 19′, so daß der mittlere Luftfaden die Winkel $\alpha_0 = 60°$, $\alpha_1 = 68° 14'$ erhielt.

Zu den Versuchen bediente man sich der erst kurz vorher aufgestellten Dampfmaschine des großen Versuchssaales, welche gebremst worden war, so daß für die verschiedenen Kesseldrucke, Expansionsgrade und Umdrehungszahlen Curven verzeichnet waren, aus denen die Leistung der Maschine unter gegebenen Verhältnissen abgeleitet werden konnte. Aus diesen Angaben wurde die von dem Ventilator verbrauchte Betriebskraft entnommen.

Vor die Mündung des Ventilators war ein Anemometer befestigt worden, da es aber zerbrach, so wurde ein Manometer mit umgebogenem und gegen den Windstrom gerichteten Schenkel angewendet, welches einige Centimeter tief in die Leitung gesteckt und in der Mitte festgehalten wurde. Die atmosphärische Pressung zeigte ein im Saale hängendes Barometer, die Temperatur der äußeren Luft ein neben dem Ventilator angebrachtes Thermometer und diejenige der ausgetriebenen Luft ein kleines im Halse angebrachtes Thermometer an. Da letztere Temperatur nicht um eine constante Größe höher war, als diejenige der äußeren Luft, so mußte für jeden Versuch Dichtigkeit, Druck und Geschwindigkeit besonders ermittelt werden, wobei man wie folgt, verfuhr.

Ist p_1 der Druck der äußeren Luft pro Qu.-Centim.,
t_1 die Temperatur „ „ „ „

so ergiebt sich die Dichtigkeit der äußeren Luft

$$\gamma_1 = \frac{1{,}2572\, p_1}{1 + 0{,}003665\, t_1};$$

ebenso ist die Dichtigkeit der ausblasenden Luft

$$\gamma = \frac{1{,}2572\, p_2}{1 + 0{,}003665\, t_2},$$

wenn

p_2 den Druck des ausblasenden Windes pr. Qu.-Centim.,
t_2 die Temperatur „ „ „ „

bedeutet. Sind endlich

P_1 und P_2 die Drücke pro Quadratmeter,

so ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft austritt,

$$V = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(P_2 - P_1)}.$$

Ist der Ueberdruck gemessen durch Manometerstände und zwar

h_w in Wassersäule,
h_m in Quecksilbersäule,

so kann man fast immer sagen (ohne Rücksicht auf Temperatur):

$$P_2 - P_1 = 1000 . h_w = 13598\, h_m,$$

und ist derselbe in Luftsäule angegeben, so hat man

$$P_2 - P_1 = \gamma_1 h,$$

daher folgt:

$$V = \sqrt{2g \frac{\gamma_1}{\gamma} h} = \sqrt{2gh},$$

da γ und γ_1 meistentheils nur unmerklich differiren.

Die Nutzarbeit läßt sich also auch schreiben:

$$\gamma Q h = 1000 \frac{\gamma}{\gamma_1} Q h_w = 13598 \frac{\gamma}{\gamma_1} Q h_m,$$

oder nahe genug $1000\, Q h_w = 13598\, Q h_m$.

Mit Hilfe dieser Formeln sind die Ziffern der umstehenden Tabelle berechnet worden.

Nach dieser Tabelle ist der Wirkungsgrad, welcher bei dem vorletzten Versuche erzielt worden ist, jedenfalls ein sehr befriedigender und doch müßte derselbe eigentlich noch höher angegeben werden, da die Transmissionen natürlich eine gewisse Arbeit verzehrt haben. Andererseits wäre wieder im Vergleiche zu anderen Ventilatoren, welche mit Windleitung und Düse versehen sind, ein den letzteren Widerständen entsprechender Abzug zu machen.

Uebrigens hat dieser Ventilator das geleistet, wozu er gebaut war, nämlich nahezu 1000 Liter Wind bei 1 Centimeter Quecksilbersäule Pressung, denn Versuch 7 zeigt 1058 Liter Wind bei 9,77 Millimeter Pressung. Die Differenz erklärt sich daraus, daß der Maschinenfabrikant dem quadratischen Halse 0,1565 statt 0,1465 Meter Seitenlänge gegeben, also den Querschnitt um 7 Procent vergrößert hat. Uebrigens erkennt man hieraus, daß ein Spielraum von 5 Millim. zwischen den Wangen und Flügeln keine merkliche Veränderung in der Bewegung der Luft bewirkt, und daß die Ausflußmenge hauptsächlich vom Querschnitte der Austrittsöffnung abhängt.

Rechnet man wegen der abgerundeten Kanten $\mu = 0{,}95$, und β oder den Widerstandscoefficienten für die Bewegung in der Röhre $= 0{,}00295$, so geben die Formeln (14)

für den Eintritt in die Saugöffnungen $dM . 0{,}05018\, u_x^2$,
„ die Ablenkung der Richtung $dM . 2{,}22844\, u_x^2$,
„ die Bewegung in den Canälen $dM . 0{,}14551 . u_x^2$,

daher $A = 2{,}42413$ und $A + 2 = 4{,}42413$.

Für den Verlust in dem rectangulären Halse vom Querschnitte e l erhält man

$$B = 0{,}04054,$$

und da keine Düse vorhanden, also $\frac{F}{el} = 1$ ist, so bekommt man für Gleichung (24):

$$\vartheta r_1 = 0{,}019298.$$

Der Coefficient C in Gleichung (33) reducirt sich auf

$$C = 10{,}04188,$$

und für (38) erhält man

$$C' = 0{,}213847.$$

Tabelle über die Versuche mit dem Ventilator von Lacolonge.

Versuchszahl.	Reihenfolge der Versuche.	Beobachtete äußere Temperatur t_0.	Dichtigkeit der äußeren Luft γ_1.	Zahl der Umdrehungen pro Min. n.	Temperatur im Innern t_1.	Manometerstand in Wassersäule h_ω Millimeter.	Manometerst. in Quecks. h_m Millimeter.	Dichtigkeit des ausström. Windes γ_1.	Geschwindigkeit der ausström. Luft V.	Ausflußmenge pro Sec. Q.	Geschwindigkeit der Flügelenden ωr_1.	Verhältniß der Wind- u. der Umfangsgeschwind. $\frac{V}{\omega r_1}$.	Nutzarbeit $1000 Q \frac{\gamma}{\gamma_1} h_\omega$.	Betriebskraft auf d. Schwungradwelle in Kilogr. Meter.	Wirkungsgrad.	Resultate der Theorie: Zahl der Umdrehungen pro Min. n.	Werthe berechnet nach Formel (49) für Ausflußmenge Q.	(50) Pressung h_ω.	(51) Nutzarbeit $1000 Q \frac{\gamma}{\gamma_1} h_\omega$.	Wirkungsgrad.
1	4	20,5	1,2176	305	21,2	24,0	1,76	1,2178	19,664	450,84	15,811	1,243	10,83	-82	0,132	313	436,66	22,83	10,04	0,420
2	5	20,5	"	403	21,3	40,0	2,94	1,2194	25,368	581,61	20,891	1,223	23,47	97	0,242	404	576,96	39,87	23,16	0,521
3	7	20,5	"	431	21,2	45,5	3,35	1,2219	27,029	619,63	22,348	1,209	28,29	103	0,275	430	617,04	45,67	28,33	0,544
4	1	20,5	"	526	22,0	66,8	4,91	1,2195	32,807	752,16	27,268	1,203	50,81	127	0,396	522	753,07	67,92	51,51	0,602
5	8	20,5	"	621	22,0	93,0	6,84	1,2226	38,652	885,71	32,193	1,199	82,72	162	0,510	615	889,06	94,67	84,73	0,642
6	9	20,5	"	700	22,2	118,5	8,71	1,2245	43,574	999,02	36,288	1,208	119,04	203	0,586	694	1002,15	120,30	121,48	0,666
7	3	20,5	"	712	22,8	132,8	9,77	1,2237	46,143	1057,92	38,465	1,199	141,59	232	0,610	734	1062,29	135,10	144,57	0,677
8	10	18,2	1,2266	772	24,0	143,2	10,53	1,2193	48,339	1108,27	40,020	1,208	159,92	253	0,632	769	1105,25	146,30	162,83	0,683
9	2	20,5	1,2176	806	22,8	159,5	11,73	1,2269	50,454	1156,75	41,784	1,207	184,10	287	0,641	803	1153,92	159,41	185,30	0,689
10	12	19,0	1,2237	807	21,5	159,5	11,73	1,2323	50,393	1155,36	41,835	1,204	185,56	286	0,649	802	1155,36	159,50	185,56	0,689
11	11	20,5	1,2237	817	22,8	164,0	12,06	1,2329	51,086	1171,26	43,353	1,206	193,52	301	0,648	812	1169,66	163,80	192,99	0,692
											Mittel	1,210.								

Barometerstand während der Versuche = 0,766.

Da C positiv und $\sin(\alpha_0 + \alpha_1) = \sin 128^\circ 14'$ größer als Null ist, so wird auch das Glied $\frac{D}{C}$ der Gleichung (32) positiv, der Durchmesser der Parabel kommt also über die Axe der X zu liegen und es sind die Gleichungen (37) und (38) zu verwenden. Macht man hier $\frac{F}{el} = 1$, so erhält man

$$\text{für (37)} \quad \frac{\omega}{V} = \frac{7{,}1275}{y} \pm 0{,}92442 \sqrt{y},$$

$$(38) \quad \frac{\omega}{V} = -2{,}15085 \pm \sqrt{14{,}1644 + 0{,}18049\, y}.$$

Hiervon ist nach dem Obigen das $-$Zeichen in der ersten und das $+$Zeichen in der zweiten zu nehmen, man braucht sie aber nicht völlig zu construiren, sondern blos ein Stück in der Nähe des Durchschnittspunktes, auch braucht man sich nicht um die jenseits K, wo die Curve (37) die Abscissenaxe schneidet, liegenden Werthe von y zu kümmern. Der Schnittpunkt entspricht dem Werthe

$$y = \left(\frac{7{,}1275}{0{,}92442}\right)^{2/3} = 3{,}903,$$

wo $\frac{\omega}{V} = 0$ ist, und man hat also dem y für die Construction Werthe zwischen 0 und 3,903 zu geben. Erhielte man in diesem Falle keinen Schnittpunkt, so wäre dies ein Zeichen, daß die erste Methode nicht brauchbar wäre.

Man erkennt auch sofort, welches Minimum $\frac{\omega}{V}$ annehmen kann, wenn man in (38) $y = 0$ einsetzt, nämlich

$$\frac{\omega}{V} = -2{,}15085 + \sqrt{14{,}1644} = 1{,}6126;$$

der Schnittpunkt wird aber zwischen zwei Werthen von y liegen, wenn für den ersten der aus (37) gezogene Werth von $\frac{\omega}{V}$ größer als der aus (38) erhaltene ist, und wenn für den zweiten das Umgekehrte stattfindet, man braucht also auch nur die zwischenliegenden Curvenstücke zu verzeichnen. Mit dem logarithmischen Rechenmaaßstab gelangt man übrigens sehr schnell zur Kenntniß zweier derartiger Werthe von y.

Im vorliegenden Falle liegt der Schnittpunkt zwischen den Werthen $y = 2{,}3$ und $y = 2{,}4$, denn man hat

		nach (37)	nach (38)
für $y = 2{,}2$	$\frac{\omega}{V}$ =	1,86866	1,66507,
$y = 2{,}4$	$\frac{\omega}{V}$ =	1,53770	1,66973.

Die Aufzeichnung giebt

$$y = 2{,}322 \qquad \frac{\omega}{V} = 1{,}667.$$

Macht man nun die Anwendung z. B. auf den Versuch mit $n = 807$ Umdrehungen und $V = 50{,}933$ Meter, so erhält man

$$n = \frac{60\,\omega r_1}{2\pi r_1} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{\omega}{V}\, V = 802{,}22, \qquad (64)$$

oder 0,994 von dem wirklich beobachteten Werthe.

Man hat ferner $X = 2\pi - y = 2\pi - 2{,}322 = 3{,}961$ und da $\frac{3{,}961}{2\pi} = 0{,}6304$, so erkennt man, daß die Ausströmung bei 0,63 des Umfanges vom Anfangspunkte der Spirale an gerechnet beginnt. Die auf S. 345 erwähnten Beobachtungen haben diesen Punkt zwischen $1/2$ und $3/4$ des Umfanges liegend erkennen lassen.

Die zur Berechnung des Wirkungsgrades erforderliche Größe $\frac{u_m}{V}$ Gleichung (56) bekommt den Werth 0,17278. Zur Berechnung der Zapfenreibung hat man $K = 136$ Kil., $\varrho = 0{,}08$ Meter, $f = 0{,}08$, und da hier bewegliche Scheiben nicht vorhanden sind, so erhalten in der Gleichung (58) die einzelnen Glieder folgende Werthe:

Glied mit $\frac{u_m^2}{V^2}$	+ 0,22664	
Glied mit $\frac{\omega}{V} \cdot \frac{u_m}{V}$		— 0,25863
unabhängiges Glied	+ 1,13016	
Glied mit $\frac{\omega}{V}$		— 1,53221
Glied mit $\frac{\omega^2}{V^2}$	+ 0,72788	
Summe	+ 2,08468	— 1,79084.

Daher $C = 0{,}29384$. Setzt man in (53) $\gamma = 1{,}22$ im Mittel, so erhält man weiter $C = 101274{,}419 \frac{1}{n^2}$ und daher für den Wirkungsgrad (59):

$$\frac{1}{1{,}29384 + 101274{,}419 \frac{1}{n^2}},$$

und für $n = 802{,}22$ $\frac{L}{L + L_1} = 0{,}6898$,

während die Versuche, incl. der Widerstände der Transmission 0,649, und mit Berücksichtigung dieser Widerstände 0,6924 ergeben haben, also fast eine vollkommene Uebereinstimmung.

Diese bemerkenswerthe Uebereinstimmung ist wohl nur dadurch zu erklären, daß für die gemachten Annahmen eine Art Compensation der Fehler eintreten mag. Bei der später folgenden Berechnung des Rittinger'schen Ventilators ist die Uebereinstimmung minder gut.

Die obige Theorie lehrt, daß bei einem gegebenen Ventilator für verschiedene Geschwindigkeiten $\frac{\omega}{V}$ constant ist; es muß also auch $\frac{\omega r_1}{V}$ constant sein und zwar erhält man 1,2118, wie es durch die obige Tabelle bestätigt wird. Verzeichnet man die V als Abscissen und die $\frac{V}{\omega r_1}$ als Ordinaten, so entsprechen die Endpunkte annähernd einer geraden Linie (Fig. 13), welche schwach nach der positiven Seite der Abscissenaxe geneigt ist, woraus allerdings folgt, daß dieser Quotient nicht ganz constant ist, sondern mit zunehmender Geschwindigkeit etwas abnimmt, indessen so wenig, daß man ihn für constant ansehen kann. Daher kommt es, daß die Austrittsgeschwindigkeit in gewissen Fällen größer werden kann, als die Umfangsgeschwindigkeit der äußeren Flügelenden.

In der Tabelle sind auch die theoretischen Umdrehungszahlen aufgeführt, welche dem Werthe $\frac{\omega}{V}$ entsprechen, sie differiren nur wenig von den beobachteten. Ebenso ist die theoretische Ausflußmenge, Druck und Nutzarbeit berechnet worden. Nimmt man die n als Abscissen und die Q als Ordinaten, so erhält man Fig. 14, worin von den Werthen $Q_1 = 1055{,}36$ und $n_1 = 807$ ausgegangen ist und die beobachteten Werthe beigesetzt sind. Die Uebereinstimmung ist sehr gut, ebenso wie bei den Figuren 15 und 16, welche die nach Gleichung (49) berechneten Preßungen und die nach Gleichung (51) berechneten nützlichen Arbeiten repräsentiren. Hierdurch wird die Richtigkeit der Formeln, sowie diejenige der Annahme, daß $\frac{\omega}{V}$ constant sei, bestätigt.

Trägt man ferner die Werthe von V als Abscissen und die theoretischen Wirkungsgrade als Ordinaten auf, so erhält man eine Curve (Fig. 17), welche sich der Horizontalen 0,7729 als Asymptote nähert. Die in diese Figur eingezeichnete Curve der wirklich beobachteten Wirkungsgrade entfernt sich namentlich für die geringeren Geschwindigkeiten stark von der theoretischen Curve, wodurch deutlich dargethan wird, daß große Geschwindigkeiten sehr vortheilhaft sind. Aehnliches zeigt sich auch bei den hydraulischen Motoren, besonders bei der Fourneyron'schen Turbine und Morin erklärt dies dadurch, daß gewisse, nicht berücksichtigte Widerstände mit dem Quadrat der Geschwindigkeit

wachsen. Bei unserm Ventilator läßt sich indessen diese Hypothese nicht nachweisen und wir müssen uns daher begnügen, denjenigen Ausdruck zu suchen, welcher die beobachteten Differenzen am besten wiedergiebt. Demgemäß sind durch eine weitläufige Rechnung die Widerstände der Transmission ermittelt und in nachstehender Tabelle verzeichnet worden.

Geschwindigkeit V	19,664	25,368	27,029	32,807	38,632	43,574	46,143	48,339	50,393	50,454	51,086
Betriebskraft des Ventilators (ohne Transmission) in Kilogrammetern	82	97	103	127	162	203	232	253	286	287	301
Theoretische Betriebskraft . .	26	45	52	83	129	180	209	234	269	267	280
Differenz	56	52	51	44	33	23	23	19	17	20	21

Trägt man die Geschwindigkeiten als Abscissen und die Differenzen als Ordinaten auf, so erhält man eine gebrochene Linie (Fig. 18), welche sich einer Geraden nähert, die Axe der x bei $V = 66{,}8$ Meter, und die Axe der y bei 79,8 Meter schneidet und daher durch

$$y = -1{,}2036\,V + 79{,}8$$

ausgedrückt werden kann. Man erhält ebenso eine Gerade, wenn man die V^2 als Abscissen aufträgt (Fig. 19), und zwar entspricht derselben die Gleichung

$$y = -0{,}1493\,V^2 + 56,$$

doch scheint uns erstere besser zu passen. Es müßte demgemäß der Ausdruck (59) für den Wirkungsgrad folgendermaaßen modificirt werden:

$$\frac{L}{L + L_1} = \frac{1}{1 + C + \frac{C'}{n^2} + \frac{y}{L}},$$

wenn derselbe die wirklichen Wirkungsgrade darstellen soll.

§. 5. Versuche mit dem Rittinger'schen Ventilator.

Wie die Skizze Fig. 20 zeigt, steht dieser Ventilator vollkommen excentrisch im Gehäuse, besitzt 24 nur zur Hälfte bis an die Saugöffnung reichende krumme, die innere Peripherie unter einem sehr spitzen Winkel schneidende und zwischen zwei Scheiben eingeschlossene Schaufeln, saugt die Luft nur auf der einen Seite ein, wo die betreffende Scheibe dieserhalb durchbrochen ist, ist mit besonderen Vorkehrungen zur Vermeidung des anormalen Eintrittes der Luft versehen und besitzt am Gehäuse eine Windleitung, welche sich pyramidal erweitert und dann wieder zusammengezogen ist bis zum Ausgange, wo 2 Düsen nebeneinander liegen.

Die Versuche sind von Rittinger selbst mit verschiedenen Düsendurchmessern, von denen die 5,2 Centim. weite Düse die stärksten Pressungen gab, angestellt worden.

Da bei diesem Ventilator $r_1 = 0{,}3$ Meter, $r_0 = 0{,}18$ Meter, $e = 24$, $z = 0{,}14$ Meter, $l = 0{,}09$ Meter, $\alpha_0 = 55^\circ$, $\alpha_1 = 82^\circ$, $\alpha_0 + \alpha_1 = 137^\circ$ ist, so ergiebt sich, wenn man $\mu = 0{,}95$, $\beta = 0{,}00295$ setzt, der Verlust an lebendiger Kraft

beim Eintritte in die Saugöffnung (15)	$0{,}053683\,u_x^2\,dM$,
beim Richtungswechsel	$2{,}323740\,u_x^2\,dM$,
in den Radcanälen (14)	$0{,}702167\,u_x^2\,dM$,
	$A = 3{,}079540$,

folglich $A + 2 = 5{,}079540$.

Die Verluste in den beiden Düsen können demjenigen gleich gesetzt werden, welcher sich in einer eben so langen Düse von doppeltem Querschnitte ergeben würde, und dieser berechnet sich (17), wenn nach Weisbach der Coefficient 0,85 eingeführt wird, zu $0{,}031142\,V^2\,dM$.

Der Windcanal hat 1,5 Meter Länge und 0,316 im Querschnitte, daher giebt Formel (18) den Verlust

$$0{,}000073\,V^2\,dM.$$

Für die pyramidale Ansatzröhre von 1,13 Meter Länge kann man sich eine eben so lange Leitung von dem mittleren Querschnitte $0{,}228 \times 0{,}203$ Meter denken und erhält dann den Verlust $= 0{,}000378\,V^2\,dM$.

Derjenige für das 0,5 Meter lange Zwischenstück von 0,09 Meter Breite und 0,14 Meter Höhe beträgt

$$0{,}004421\,V^2\,dM,$$

und aus diesen vier Widerständen ergiebt sich

$$B = 0{,}036014.$$

Für das constante Glied in (24) ist zu setzen

$$\vartheta r_1 = 0{,}06225,$$

und da $2l = r_0$, so folgt für C in (28) und C' in (38):

$$C = A + 2 = 5{,}0795407,$$
$$C' = 0{,}688708.$$

Da C positiv und $\sin(\alpha_0 + \alpha_1) > 0$ ist, so ist das Glied $\frac{D}{C}$ in (32) auch positiv, der Durchmesser der Parabel also über der Axe der x gelegen. Versucht man daher die Gleichungen (37) und (38), welche in

$$\frac{\omega}{V} = 0{,}38615 \, \frac{1}{y} \mp 0{,}16141 \sqrt{y},$$

$$\frac{\omega}{V} = -0{,}329515 \pm \sqrt{1{,}722108 + 0{,}007420\, y}$$

übergehen, und wovon erstere mit dem —, letztere mit dem + Zeichen zu nehmen ist, so findet man, daß der Durchschnittspunkt zwischen $y = 0{,}34$ und $0{,}36$ fällt, denn

$$\text{für } y = 0{,}34 \text{ ist nach (37) } \frac{\omega}{V} = 1{,}04166, \text{ nach (38) } \frac{\omega}{V} = 0{,}98752,$$

$$y = 0{,}36 \;\; „ \;\; „ \;\; „ \;\; \frac{\omega}{V} = 0{,}97581, \;\; „ \;\; „ \;\; \frac{\omega}{V} = 0{,}98758.$$

Die Aufzeichnung giebt dann

$$y = 0{,}357 \text{ und } \frac{\omega}{V} = 0{,}98757.$$

Rittinger hat bei 1120 Umdrehungen pro Minute 0,832 Meter Wassersäule erhalten, was der Ausflußgeschwindigkeit

$V = 115{,}673$ Meter in der 0,052 Meter weiten Düse

entspricht, und Formel (64) giebt

$$n = 1091{,}32,$$

oder 0,9744 von der wirklich beobachteten Umdrehungszahl, was gut genug stimmt.

Da $X = 2\pi - 0{,}357 = 5{,}926$, so ist der Punkt, wo der Austritt beginnt, in der Mitte des letzten Achtels $\left(\frac{5{,}926}{2\pi} = \frac{7{,}54}{8}\right)$ des Umfanges zu suchen.

Zur Berechnung des Nutzeffectes hat man

$$\frac{u_m}{V} = 0{,}16725.$$

Berechnet man nach der Zeichnung des Rittinger'schen Ventilators sein Gewicht, so beträgt dieses 220 Kilogramm und da überdies $\varrho = 0{,}026$ Meter, $f = 0{,}08$ ist, so findet sich

für das Glied mit $\frac{u_m^2}{V^2}$ . . .	+ 0,87802	
„ „ „ „ $\frac{\omega}{V} \cdot \frac{u_m}{V}$.		— 0,21952,
für das unabhängige Glied . .	+ 0,12321	
„ „ Glied mit $\frac{\omega}{V}$ . . .		— 0,44833,
„ „ „ „ $\frac{\omega^2}{V^2}$ . . .	+ 0,65580	
„ „ „ wegen der Scheiben	+ 1,29594	
zusammen	+ 2,45297	— 0,66785,
also	$C = 1{,}78512.$	

Nimmt man in Ermangelung weiterer Angaben $\gamma = 1{,}22$ Kilogr., so ergiebt sich für den procentalen Verlust durch Zapfenreibung $C_1 = 179032{,}1 \, \frac{1}{n^2}$ und für den Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1{,}78512 + \frac{179032{,}1}{n^2}},$$

also im günstigsten Falle 0,359.

In nachstehender Tabelle sind die Resultate der Berechnung der von Rittinger veröffentlichten 5 Versuche zusammengestellt.

Versuchsnummer.	Beobachtungsdata von Rittinger. Umdrehungszahl pro Minute.	Manometerstand in Millimetern. Wassersäule.	Manometerstand in Millimetern. Quecksilbersäule.	Austrittsgeschwindigkeit in Metern V.	Ausflußmenge in Litern Q.	Geschwindigkeit der Flügelenden in Metern ωr_1.	Verhältniß der Geschwindigkeiten $V : \omega r_1$.	Nützliche Arbeit $1000\, Q\, h_\omega$ in Kilogr.-Met.	Betriebskraft nach Rittinger in Kilogr.-Met.	Wirkungsgrad nach Rittinger.	Resultate der Rechnung. Umdrehungszahl n.	Ausflußmenge Q nach Formel (49).	Druck h_ω nach Formel (50).	Nützliche Arbeit nach Formel (51).	Wirkungsgrad.
1	610	245	18,02	62,770	227	51,163	1,22834	55	517	0,11	592,20	227	245	55,0	0,3061
2	720	360	26,49	76,088	270	60,318	1,26144	97	656	0,15	717,87	268	341	90,4	0,3194
3	995	640	47,09	101,451	361	83,356	1,21783	231	1069	0,22	957,15	370	652	238,7	0,3371
4	1000	660	48,57	103,024	367	83,776	1,23026	242	1024	0,23	971,98	372	658	242,3	0,3373
5	1120	832	61,22	115,673	413	93,830	1,23280	343	1483	0,23	1091,32	417	826	340,4	0,3475
						Mittel	1,23400.								

Aus Obigem geht hervor, daß die Reibung der Scheiben für sich allein $^5/_7$ der gesammten Arbeitsverluste verursacht. Diese Construction ist also entschieden verwerflich.

In Fig. 21 sind die theoretischen und die beobachteten Wirkungsgrade graphisch verzeichnet. Die Curven verhalten sich ähnlich wie bei dem ersten Ventilator, aber stehen weiter ab voneinander. Vielleicht ist das auf den Zapfen ruhende Gewicht etwas zu niedrig geschätzt worden, was höhere Nutzeffecte giebt; die Hauptabweichung dürfte aber darin zu suchen sein, daß beim Rittinger'schen Ventilator der Austritt nur auf $^1/_{16}$ des Umfanges erfolgt, vor den übrigen $^{15}/_{16}$ des Umfanges also Wirbel herrschen, deren Einfluß der Rechnung gänzlich entgeht.

Trägt man auch die Werthe von $\frac{V}{\omega r_1}$ graphisch auf (Fig. 22), so zeigt sich in dieser Linie eine Tendenz zur Annäherung an die Abscissenaxe mit wachsenden Umdrehungszahlen, während der Theorie nach eine Parallele zur Axe im Abstande 1,2657 erhalten werden sollte.

Zwischen den theoretisch abgeleiteten und den wirklichen Umdrehungszahlen n herrscht eine große Uebereinstimmung. In den Fig. 23 bis 25 sind die Werthe von Q, h_ω und $1000\,Q\,h_\omega$ verzeichnet, wie sie beobachtet worden sind, und wie sie sich aus den Formeln 49, 50 und 51 berechnen, wenn man dabei von der ersten Beobachtung ausgeht. Die Uebereinstimmung ist sehr gut und bestätigt die aufgefundenen Gesetze, so daß durch diese Rittinger'schen Versuche ebenso wie durch die im Conservatorium abgeführten Versuche die Richtigkeit der oben vorgetragenen Theorie bewiesen wird.

§. 6. Folgerungen aus der vorgetragenen Theorie.

Nach Gleichung (7) hat man für $\alpha_1 = 90^0$:

$$V_1^2 = \frac{1}{2} V_s^2 \text{ und } V_s = V,$$

auch ist nach Gleichung (6):

$$\omega_2 r_1^2 = \frac{1}{2} V_s^2, \text{ daher } V_1 = \omega r_1 = \frac{V}{\sqrt{2}} = 0{,}7071\,V.$$

Da, wo der Mantel an die Röhren anstößt, ist der Querschnitt = el und man hat

$$Q = e l V_1 = F V = e l \frac{V}{\sqrt{2}}, \text{ oder}$$

$$\frac{V}{\omega r_1} = \frac{e l}{F} = \sqrt{2} = 1{,}4142.$$

Gewöhnlich besitzen nun die Ventilatoren eine gleichförmige Breite l, während e allmälig abnimmt. u_x kann in Wirklichkeit nicht = 0 werden und ωr_1 ist nach den obigen Beispielen stets größer als 0,7071 V, daher wird die Resultante dieser beiden Geschwindigkeiten stets größer als $\frac{V}{\sqrt{2}}$ und

$$\frac{e l}{F} < \sqrt{2} < 1{,}4142$$

sein, was als oberste Grenze gelten kann, während der umgekehrte Ausdruck

$$\frac{F}{e l} > \frac{1}{\sqrt{2}} > 0{,}707$$

einen unteren Grenzwerth giebt. Für e läßt sich sein Werth a priori nicht berechnen und andererseits ist es unmöglich, die Verluste an lebendiger Kraft beim Austritte aus den beweglichen Canälen zu vermeiden, wir haben deshalb el = F angenommen, was im Allgemeinen eine etwas niedrige Annahme ist, aber nach den Versuchen im Conservatoire auf gute Resultate führt.

Zur Bestimmung von y und $\frac{\omega}{V}$ sind oben Curven construirt worden, mit Hilfe deren sich der Einfluß erkennen läßt, welchen eine Aenderung in der Größe der Düse auf den Gang des Ventilators ausübt. Betrachtet man zunächst Curve (37), eine Curve vom 4. Grade (Fig. 12), so sieht man, daß bei einem kleineren Werthe von F die Ordinaten der zwischen die beiden Zweige fallenden Hyperbel kleiner werden, ebenso wie die zur Messung der Ordinaten der Zweige oberhalb und unterhalb dieser Curve abzunehmenden Größen. Der Punkt M ändert sich nicht, G kommt minder hoch, G_1 höher zu liegen, von den einem geringeren Werthe von F entsprechenden Zweigen fallen die oberen tiefer, die unteren krummer aus als vorher und nähern sich, je kleiner F wird, um so mehr der intermediären Hyperbel, welche ebenfalls immer mehr hinabgeht und mehr Krümmung annimmt.

Gleichzeitig nähert sich der Durchmesser der durch Gleichung (38) gegebenen Parabel der Abscissenaxe, Scheitel S entfernt sich nach der Seite der negativen Abscissen, die Punkte T und T_1, in welchen die Ordinatenaxe geschnitten wird, rücken näher zusammen, die Zweige strecken sich mehr und der obere auf der Seite der positiven Abscissen kommt tiefer zu liegen. Demnach muß der Schnittpunkt, welcher $\frac{\omega}{V}$ und y bestimmt, tiefer und weiter ab von der Ordinatenaxe liegen, was einen kleinern Werth von $\frac{\omega}{V}$ und ein größeres y giebt. Wird also bei einem bestehenden Ventilator eine engere Düse aufgesteckt und dieselbe Winkelgeschwindigkeit beibehalten, so erhält man größere Ausflußgeschwindigkeit und Pressung und der Austritt beginnt am Umfange erst in größerer Entfernung von der Mündung.

Die Rittinger'schen Versuche gestatten eine Prüfung

dieser theorischen Folgerung. Unter denselben finden sich nämlich solche, wo unter sonst gleichen Umständen mit verschieden weiten Düsen gearbeitet worden ist, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Durchmesser der beiden Düsen.	$\frac{F}{el}$	n	Q	h_ω	Nutzarbeit Kilogr.-Met.	Betriebskraft Kilogr.-Met.	Wirkungsgrad.
0,078	0,642	1000	0,742	0,535	397	1382	0,28
0,065	0,446		0,549	0,598	319	1181	0,27
0,052	0,286		0,367	0,660	242	1024	0,23

Der größte Wirkungsgrad zeigt sich bei demjenigen Werthe von $\frac{F}{el}$, welcher am wenigsten von dessen unterem Grenzwerthe 0,7071 abweicht, und die Pressung fällt um so größer aus, je geringer der Düsendurchmesser ist; auch läßt sich folgern, daß der niedrige Wirkungsgrad der Rittinger'schen Ventilatoren zum Theil davon herrührt, daß bei ihnen der Querschnitt el viel zu groß ist gegen den engen Düsenquerschnitt.

Wird bei einem Ventilator die Windleitung geändert, so zeigt Gleichung (38) und Fig. 12, daß der durch N_1 dargestellte Schnitt weiter von der Axe der y und näher der Axe der $\frac{\omega}{V}$ zu liegen kommt, daß also bei größerem Widerstande in der Windleitung zur Erzeugung derselben Pressung mehr Umdrehungen erforderlich sind, und daß der Austritt auf der äußeren Peripherie näher an der Mündung beginnen wird.

Wenn ein Ventilator nicht direct atmosphärische Luft aufnimmt, sondern Luft von einer höheren Pressung P_1, so gelten die auf Seite 355 flgde. gefundenen Formeln nicht mehr. Die Verluste (10), (12), (13), (27) bleiben dieselben, V und P_x behalten dieselbe Bedeutung, man erhält aber auf dem dort eingeschlagenen Wege

$$C u_x^2 - 2 D u_x = \omega^2 (r_1^2 \sin\alpha_1 - 2 r_0^2) + 2\omega r_1 \frac{FV}{el} \sin\alpha_1 - \left(\frac{FV}{el}\right)^2 - 2g\frac{P_x - P_1}{\gamma_1}$$

und, wenn man für $\frac{P_x - P_1}{\gamma_1}$ einführt $\frac{P_x - P}{\gamma_1} - \frac{P_1 - P}{\gamma_1}$, die hierfür und für h_x gefundenen Werthe einsetzt und reducirt, so ergiebt sich die Gleichung

$$C u_x^2 - 2 D u_x = \omega^2 (r_1^2 \sin\alpha_1 - r_0^2) + 2\omega r_1 \frac{FV}{el} \sin\alpha_1 - \left[1 + B + \left(1 + \vartheta r_1 (2\pi - x)\right)\left(\frac{F}{el}\right)^2\right] V^2 + \frac{P_1 - P}{\gamma_1}$$

welche sich von der früheren Gleichung nur durch das hinzugefügte Glied $\frac{P_1 - P}{\gamma_1}$ unterscheidet.

Betrachtet man den am häufigsten vorkommenden Fall, wo das Glied D, welches $\sin(\alpha_0 + \alpha_1)$ enthält, > 0 ist, so hängt die Bestimmung des Quotienten $\frac{\omega}{V}$ und des Punktes X, wo der Ausfluß beginnt, von dem Durchschnitte zweier Curven ab, von denen die erste mit Gleichung (36) identisch ist und die andere

$$\frac{\omega}{V} = -\frac{F}{el}\frac{r_1 \sin\alpha_1}{C'} \pm \sqrt{\left(\frac{F}{el}\right)^2 \left(\frac{r_1 \sin\alpha_1}{C'}\right)^2 + \frac{1}{C'}\left(1 + B + \left(\frac{F}{el}\right)^2 (1 + \vartheta r_1 y) - 2g\frac{P_1 - P}{\gamma_1}\right)} \quad (65)$$

sich von Gleichung (38) nur durch das unter dem Wurzelzeichen stehende negative Glied unterscheidet. Die Curve mit den beiden besonderen Zweigen (Fig. 12) bleibt also für alle Pressungen P_1 und P dieselbe. In beiden Fällen hat die Parabel denselben Durchmesser.

Für $P_1 > P$ beträgt der Abstand des Scheitels:

$$y = -\frac{1}{\vartheta r_1}\left[1 + \frac{r_1^2 \sin\alpha_1^2}{C'} + \left(\frac{el}{F}\right)^2 \left(1 + B - 2g\frac{P_1 - P}{\gamma_1}\right)\right].$$

Ist er negativ, so liegt er dem Ursprunge näher als für $P_1 \doteq P$, ist er positiv, so liegt er auf der anderen Seite und Gleichung (65) zeigt, daß die Werthe von $\frac{\omega}{V}$ für $P_1 > P$ kleiner sind, als für $P_1 = P$. Im ersteren Falle liegt der Durchschnittspunkt weniger hoch über der Abscissenaxe und weiter ab von der Ordinatenaxe als im zweiten Falle, der Austritt erfolgt also auf einen größeren Bogen der Peripherie. Somit ist bei gleicher Winkelgeschwindigkeit der Druck in der Düse, die Geschwindigkeit und das Windvolumen größer, wenn $P_1 > P$ ist, und umgekehrt.

Bei den gekuppelten Ventilatoren, die von verschiedenen Constructeurs vorgeschlagen worden sind, und bei denen jeder folgende Ventilator aus der Windleitung des vorhergehenden saugt, ist $P_1 > P$ und man erwartet, daß dadurch eine höhere Pressung erzeugt werden könne. Es läßt sich aber zeigen, daß diese Erwartung eine trügerische sein dürfte. Bezeichnet man nämlich mit P_2 die Pressung bei der letzten Düse und mit V die Austrittsgeschwindigkeit, so ist $V^2 = 2g \frac{P_2 - P}{\gamma_1}$. Da nun von den Widerständen ein Theil dem Quadrat, der Rest einfach der Geschwindigkeit proportional sein wird, so kann man, wenn c und d Constanten bezeichnen, die Verluste beim ersten Ventilator gleich $\frac{\gamma Q}{2g} c V^2 + d V$, und diejenigen für die folgenden Ventilatoren gleich $\frac{\gamma Q}{2g} c' V^2 + d' V$, die Verluste im letzten Rohre aber gleich $\frac{\gamma Q}{2g} c'' V^2$ setzen und es ist daher auf den Ventilator die Arbeitsmenge

$$\gamma Q \left[(1 + c + c' + c'') \frac{V^2}{2g} + (d + d') V\right]$$

zu übertragen, wenn er die Windmenge Q bei der Pressung P_2 liefern soll, so daß der Wirkungsgrad betragen wird:

$$\frac{1}{1 + c + c' + c'' + 2g \frac{d + d'}{\gamma Q V}} \quad . \quad (66)$$

Denkt man sich dagegen einen einzigen Ventilator, welcher direct mit der Düse in Verbindung steht, so entsteht bei der Düse eine Pressung P_3, welche kleiner als P_2 angenommen werden soll, so daß das Windvolumen Q_1 auch geringer als das obige Volumen Q ist. In diesem Falle braucht man die Betriebskraft

$$\gamma Q_1 (1 + c + c'') \frac{V_1^2}{2g} + d V_1$$

und erhält den Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1 + c + c'' + 2g \frac{d}{\gamma Q_1 V_1}}, \quad . \quad . \quad . \quad (67)$$

wo die Austrittsgeschwindigkeit V_1 sich berechnet durch

$$V_1 = \sqrt{2g \frac{P_3 - P}{\gamma_1}},$$

und worin die Werthe von c'' und d dieselben sind, wie in (66). Nun ist oben gefunden worden, daß die Verluste im Innern eines Ventilators Functionen von u_x sind, wofür das arithmetische Mittel u_m aus den extremsten Werthen von u_x einzuführen war, in welchem die Länge des Ausflußbogens y im Renner vorkommt. Die Verluste in der Spirale sind ebenfalls Functionen dieses Bogens und y variirt mit dem Widerstande, welchen der Wind in der Leitung findet. Wenn also der zweite Ventilator für die aus dem ersten Ventilator tretende Luft einen erhöhten Widerstand erzeugt, so ist diese Combination von Ventilatoren nachtheilig; ist dies nicht der Fall, so ist y dasselbe wie beim einfachen Ventilator und c bleibt auch in beiden Fällen unverändert; würde endlich durch den zweiten Ventilator eine Verminderung der Widerstände erzeugt, so wird y größer, $\frac{u_m}{V}$ kleiner, die Summe der drei unter A zusammengefaßten Widerstände ebenfalls kleiner, dagegen der jederzeit sehr kleine Widerstand in der Spirale etwas größer, und es wird daher c nur sehr wenig anders ausfallen, als in (66). Bekommt nun der einfache Ventilator n_1 Umdrehungen pro Minute, so daß er das Volumen $\frac{Q_1 n_1}{n}$ liefert und die Geschwindigkeit $V_1 \frac{n_1}{n}$ ist, so wäre sein Wirkungsgrad, wenn man c_1 für c setzt:

$$\frac{1}{1 + c_1 + c'' + 2g \frac{1}{\gamma Q} \frac{d}{\left(\frac{n}{n_1} V_1 \frac{n}{n_1}\right)}},$$

und wenn auf dasselbe Volumen zugeschnitten, also

$$Q_1 \frac{n_1}{n} = Q, \quad V_1 \frac{n_1}{n} = V = \sqrt{2g \frac{P_2 - P}{\gamma_1}}$$

gemacht wird, so erhält man den Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1 + c_1 + c'' + 2g \frac{d}{QV}}.$$

Wäre aber $c_1 = c$, so würde dieser Wirkungsgrad größer sein, als derjenige des gekuppelten Ventilators (66); jedenfalls wird c_1 nicht viel kleiner als c sein, und da andrerseits d kleiner als $d + d'$ ist, so läßt sich vermuthen, daß die gekuppelten Ventilatoren jederzeit einen ungünstigeren Wirkungsgrad geben werden.

Armengaud berichtet auch in der That im 2. Bande seiner Publication industrielle, daß Cadiat's Versuche mit gekuppelten Ventilatoren ungünstig ausgefallen seien. Cadiat folgerte übrigens aus seinen Versuchen:

> daß der Effect nicht merklich von der Fläche der Flügel, aber sehr wesentlich von der Größe der Austrittsöffnung und der Geschwindigkeit der Flügel abhänge, indem er dem Cubus der Geschwindigkeit proportional sei,

was mit unseren theoretischen Folgerungen harmonirt.

$$M\,2\beta\left(\frac{1}{l}+\frac{n}{\pi(r_0+r_1)}\right)\frac{r_1-r_0}{4}\cdot\frac{r_0^2}{4l^2}\left(\frac{1}{\sin\alpha_0}+\frac{r_0}{r_1\sin\alpha_0}\right)^2 v^2 = M c' v^2, \quad \ldots \quad (73)$$

und für die Summe dieser drei Verluste kann man wieder setzen:

$$M A' v^2.$$

Der Verlust beim Eintritte in die beweglichen Canäle ist analog zu (25):

$$M\left[\left(\frac{r_0}{2l}\,\frac{v}{\operatorname{tg}\alpha_0}\right)^2+\omega^2 r_0^2-2\,\frac{r_0}{2l}\,\frac{v}{\operatorname{tg}\alpha_0}\,\omega r_0\right]. \quad (74)$$

Für die Arbeit der Zapfenreibung gilt der Ausdruck (53), nur hat man hier zu beachten, daß $Q = \pi r_0^2 v$ und $n = \frac{30\omega}{\pi v}\, v$ ist, daher erhält man für den procentalen Verlust:

$$\frac{2\pi\varrho f K\,\frac{n}{60}}{\gamma Q\,\frac{V^2}{2g}} = \frac{2g\varrho f K}{\pi\gamma r_0^2}\cdot\frac{\omega}{v}\,\frac{1}{V^2}, \quad . \quad (75)$$

und für den durch die Reibung an den Scheiben des Ventilators herbeigeführten Verlust ergiebt sich in Theilen der Nutzarbeit

volle Scheibe: $$\frac{2\beta}{5}\cdot 2\,\frac{r_1^5}{r_0^2}\,\frac{\omega^2}{V^2}\cdot\frac{\omega}{v}, \quad . \quad (76)$$

ringförmige Scheibe: $$\frac{2\beta}{5}\left(2\,\frac{r_1^5}{r_0^2}-r_0^3\right)\frac{\omega^2}{V^2}\,\frac{\omega}{v},$$

zusammen: $$\frac{2\beta}{5}\left(4\,\frac{r_1^5}{r_0^2}-r_0^3\right)\frac{\omega^2}{V^2}\,\frac{\omega}{v}. \quad (77)$$

Setzt man nun die gefundenen Ausdrücke der Verluste in Gleichung (69) ein und substituirt man den Werth von V_1 aus (68), so erhält man die Bewegungsgleichung, in welcher aber auch der Verlust durch den Widerstand der Luft in den unterirdischen Bauen MV^2 zu berücksichtigen ist. Hierzu bedürfen die Gleichungen (68) und (69) einer Umformung, weil alles auf v bezogen ist, wobei man sich nach (70) der Beziehung

$$v^2 - u_0^2 = \left(1-\frac{r_0^2}{4l^2\sin\alpha_0^2}\right)v^2$$

bedient. Nach den nöthigen Umformungen wird erhalten:

$$2(r_1^2-r_0^2)\frac{\omega^2}{v^2}+2\,\frac{r_0}{2l}\,r_0(\operatorname{cotg}\alpha_0-\operatorname{cotg}\alpha_1)\frac{\omega}{v} = \frac{2V^2}{v^2}+A'+1-\frac{r_0^2}{4l^2}, \quad \ldots \quad (78)$$

und wenn man $r_0 = 2l$ setzt:

$$2(r_1^2-r_0^2)\frac{\omega^2}{v_2}+2r_0(\operatorname{cotg}\alpha_0-\operatorname{ctg}\alpha_1)\frac{\omega}{v} = 2\,\frac{V^2}{v^2}+A'; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (79)$$

endlich für ebene und radiale Schaufeln:

$$2(r_1^2-r_0^2)\frac{\omega^2}{v^2} = 2\,\frac{V^2}{v^2}+A'. \quad . \quad . \quad (80)$$

Nach Seite 385 ergiebt sich:

$$\frac{V^2}{u^2} = 2\zeta\,\frac{l}{r},$$

und da $\pi r^2 u = \pi r_0^2 v$, also $\frac{u}{v} = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ ist, so folgt

$$\frac{V^2}{v^2} = 2\zeta l\,\frac{r_0^4}{r^5}, \quad \ldots \quad (81)$$

eine Beziehung, welche nur constante Größen enthält. Demgemäß ist das Verhältniß $\frac{\omega}{v}$ in Gleichung (78) ebenfalls eine constante Größe und es finden dieselben Beziehungen statt, welche oben Seite 363 gefunden worden sind.

Summirt man die Quotienten aus den oben gefundenen Verlusten, dividirt durch die Nutzarbeit, so erhält man:

$$1+\left(A'+\left(\frac{r_0}{2l\operatorname{tg}\alpha_0}\right)^2\right)\frac{v^2}{V^2}+r_0^2\,\frac{\omega^2}{V^2}-\frac{2r_0}{2l}\,\frac{r_0}{\operatorname{tg}\alpha_0}\cdot\frac{\omega}{V}\cdot\frac{v}{V}+\frac{2\beta}{5}\left(\frac{4r_1^5}{r_0^2}-r_0^3\right)\frac{\omega^2}{V^2}\,\frac{\omega}{v}$$
$$+\frac{2g\varrho f K}{\pi\gamma r_0^2}\,\frac{\omega}{v}\,\frac{1}{V^2} = \frac{L'}{L}. \quad . \quad . \quad (82)$$

Hierin sind die Widerstände, welche die Luft bei der Bewegung durch die Grubenbaue findet, mitenthalten. Nur das auf die Zapfenreibung bezügliche Glied variirt mit der 1. Potenz von V. Sind auf der Seite der Saugöffnung die Schaufeln nicht durch eine ringförmige Scheibe unter sich verbunden, so muß es $\frac{2r_1^5}{r_0^2}$ statt $\frac{4r_1^5}{r_0^2}-r_0^3$ heißen. Bezeichnet man der Kürze wegen mit

S die Glieder, welche mit $\frac{1}{V}$ enthaltenden Factoren, mit

S' „ „ „ „ $\frac{1}{V^2}$ „ „

behaftet sind, so ergiebt sich für den Wirkungsgrad der Ausdruck:

$$\frac{L}{L+L'} = \frac{1}{2+S+\frac{S'}{V^2}}, \quad . \quad . \quad (83)$$

analog dem Ausdrucke (59) und dieselben Folgerungen zulassend.

§. 7. Prüfung der Theorie.

In dem Rittinger'schen Werke ist ein saugender Ventilator beschrieben (Fig. 26, Taf. 24), welcher fünfzehn krumme, die äußere Peripherie ungefähr rechtwinklig, die innere unter einem Winkel von 47° schneidende Flügel besitzt. Letztere sind auf der einen Seite an einer vollen, in der Mitte buckelförmig vertieften Scheibe befestigt, welche der zuströmenden Luft als Leitung beim Eintritte in's Rad dienen soll, auf der anderen Seite aber durch eine ringförmige Scheibe verbunden, welche an der inneren Peripherie mit einem abgedrehten, einen luftdichten Abschluß in der Saugöffnung herstellenden, vorspringenden Rande versehen ist. Zwei um die Radweite voneinander abstehende feste Bohlenwände nehmen die austretende Luft auf und vermitteln ihren regelmäßigen Austritt. Bei den Rittinger'schen Versuchen waren die Grubenbaue repräsentirt durch einen 2,11 Meter weiten Holzcylinder, welcher einerseits durch einen lang gezogenen Conus an die Saugöffnung angestoßen, am andern Ende aber durch eine mit vielen Löchern versehene Scheibe geschlossen war (Fig. 27), welche in beliebiger Zahl geschlossen werden konnten. Der Ueberschuß der äußeren Pressung über die in der Saugöffnung stattfindende Pressung wurde mittelst eines Manometers, die zum Betriebe des Ventilators zu verrichtende Arbeit mittelst eines Dynamometers gemessen, aber leider giebt Rittinger nicht bei jedem Versuche die Zahl der Oeffnungen an, so daß über die Gestalt der Curve der Wirkungsgrade kein Aufschluß zu erhalten ist.

Im Folgenden wollen wir einen beliebig herausgegriffenen Versuch berechnen.

$$r_1 = 0{,}5, \quad r_0 = 0{,}3, \quad n = 15, \quad l = 0{,}15,$$
$$\alpha_0 = 24^0\,30', \quad \alpha_1 = 65^0\,30'.$$

Wegen der allmäligen Einführung der Luft in das Rad kann angenommen werden, daß keine Contraction stattfindet. Nimmt man $\beta = 0{,}032$, so ergiebt sich

$$b' = 0{,}0209177, \quad c' = 0{,}0381238,$$
$$A' = 0{,}0590415.$$

Die beobachtete Depression betrug $h_\infty = 0{,}052$, daher ist

$$V = \sqrt{2g.\frac{1000}{1{,}22}h_\infty} = 28{,}918 \text{ Meter.}$$

Das gemessene Luftvolumen ist zu 2,10 Cubikmeter angegeben, daher

$$v = \frac{Q}{\pi r_0^2} = 7{,}427 \text{ Meter,}$$

und das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten:

$$\frac{v}{V} = 0{,}256.$$

Alsdann berechnet sich aus Gleichung (79):

$$0{,}32\frac{\omega^2}{v^2} + 1{,}048142\frac{\omega}{v} = 30{,}369939,$$

$$\frac{\omega}{v} = 8{,}2429, \quad \omega = 61{,}2200, \quad \frac{\omega}{V} = 2{,}11702$$

$$\text{und } n = 584{,}608.$$

Endlich ergiebt sich das Verhältniß zwischen der verlorenen Arbeit und der Nutzarbeit (ohne Berücksichtigung der Zapfenreibung, für welche die Angaben fehlten):

$$\frac{L'}{L} = 1{,}2738,$$

und der Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{L}{L+L'} = 0{,}4398.$$

Rittinger hat bei seinen Versuchen gefunden

$$n = 580 \text{ und } \eta = 0{,}29.$$

Erstere Ziffer stimmt sehr gut mit unserer Theorie, letztere ist weit niedriger, was theils durch die Nichtbeachtung der Zapfenreibung und der Reibung des Abdichtungsringes in der Saugöffnung, theils durch die Vernachlässigung der Reibung der austretenden Luft zwischen den Holzwänden zu erklären sein dürfte. Muthmaaßlich darf aber überhaupt nur auf Erzielung von 70 bis 80 Procent des theoretischen Wirkungsgrades gerechnet werden.

---

3. Abschnitt. Berechnung und Verzeichnung der Ventilatoren.

Die obigen Formeln sind unter der Voraussetzung gefunden worden, daß alle Elemente des Ventilators bekannt sind. Sie sind nicht geeignet zur Bestimmung eines Maximums und gestatten nicht die Aufstellung einer Beziehung zwischen zwei Dimensionen, die dann zur Bestimmung der anderen benutzt werden könnte. Es ist demnach nicht möglich, nach obigen Formeln einen Ventilator zu dimensioniren, wenn man nicht gewisse Verluste vernachlässigt, die gefundenen Größen dürfen aber nur dann als brauchbar beibehalten werden, wenn sie auf Umdrehungszahlen und auf einen Wirkungsgrad führen, welcher zulässig erscheint. Wäre dies nicht der Fall, so müßte man so lange probiren, bis man eine geeignete Umdrehungszahl und einen guten Wirkungsgrad erhielt.

§. 8. Ventilatoren ohne Mantel.

Aus den Gleichungen (70) folgt:

$$\frac{u_0}{u_1} = \frac{r_1 \sin \alpha_1}{r_0 \sin \alpha_0},$$

und wenn beim Eintritte in die beweglichen Canäle kein Stoß stattfinden soll, so muß (Fig. 6)

$$u_0 = \frac{\omega r_0}{\cos \alpha_0}$$

gemacht werden. Nach Seite 386 ergab sich, daß bei alleiniger Berücksichtigung der Verluste an lebendiger Kraft in der Zuführung wegen

$$v = \omega r_1 \sin \alpha_1 \text{ und } u_1 = \omega r_1 \cos \alpha_1$$

zu nehmen ist, woraus folgt:

$$\frac{u_0}{u_1} = \frac{r_0}{r_1 \cos \alpha_0 \cos \alpha_1},$$

und mithin

$$\frac{r_1}{r_0} = \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\sin \alpha_1 \cos \alpha_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (84)$$

Nimmt man andrerseits den Werth von Q als Function von u_1 (Seite 386), u_1 als Function von V, r_1 aus Gleichung (84), so folgt:

$$Q = 2\pi r_0 l V \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\operatorname{tg} \alpha_1}} \text{ und hieraus}$$

$$2 l r_0 = \frac{Q}{\pi V} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_0}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (85)$$

Diese Gleichungen genügen nicht zur Bestimmung von l, r_0 und r_1, da nur Q und V gegeben sind, doch ist es keineswegs gestattet, eine von diesen Dimensionen willkürlich anzunehmen. Eine neue Beziehung erhält man durch Vergleichung der letzten Gleichung mit (70), nämlich

$$\frac{V}{v} = \frac{r_0}{2 l} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_0}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (86)$$

Sind die Flügel gerade und radial stehend, so hat man

$$\alpha_0 = \alpha_1, \quad \cos \alpha_1 = \frac{1}{2} \sin \varphi, \quad \varphi = \frac{360^\circ}{\nu},$$

daher gehen die Gleichungen 84 bis 86 über in:

$$\frac{r_1}{r_0} = \frac{1}{\cos \alpha_1}, \quad 2 l r_0 = \frac{Q}{\pi V}, \quad \frac{V}{v} = \frac{r_0}{2 l} . \quad (87)$$

In nachstehendem Täfelchen sind diejenigen Werthe der Größen φ, $\cos \alpha_1$, α_1 und $\frac{r_1}{r_0}$ angeführt, welche den zwischen 4 und 24 liegenden Schaufelzahlen ν entsprechen:

Schaufelzahl ν.	4	6	8	10	12	15	16	18	20	24
φ =	90°	60°	45°	36°	30°	24°	22° 30′	20°	18°	15°
$\cos \alpha_1$ =	0,5000	0,4330	0,3635	0,2939	0,2500	0,2034	0,1913	0,1710	0,1545	0,1294
α_1 =	60°	60° 20′ 30″	69° 17′ 54″	72° 54′ 31″	75° 31′ 21″	78° 15′ 51″	78° 58′ 10″	80° 9′ 14″	81° 7′ 15″	82° 25′ 3
$\frac{r_1}{r_0}$ =	2,000	2,309	2,828	3,402	4,000	4,917	5,226	5,847	6,472	7,727

Sind Q und V bekannt, so hat man auch $2 l r_0$ und kann l oder r_0 annehmen, hat aber hierbei zu erwägen, daß die Annahme $2 l > r_0$ auf $v > V$ führt, so daß die Contractionen beim Eintritte in die Saugöffnung bedeutende Verluste versuchen können, und daß andererseits die Annahme $r_0 > 2 l$ auf ungewöhnlich große Werthe von r_1 führen kann, endlich daß eine große Schaufelzahl vortheilhaft ist, weil sie eine regelmäßigere Bewegung der Luft in den Radcanälen herbeiführt.

Gelangt man, namentlich bei geringen Luftmengen Q, auf unzulässige Werthe von l und r_0, so sind krumme Schaufeln anzuwenden. Damit nun das Radical nicht imaginär wird, hat man beide Winkel entweder kleiner oder größer als 90° zu nehmen. Gleichung (85) wird immer auf einen passenden Werth des Productes $2 l r_0$ führen, aber man hat zu beachten, daß die Winkel α_0 und α_1 nicht die Winkel der Schaufel mit der Peripherie sind, sondern die Winkel, welche der mittlere Luftfaden mit der inneren und äußeren Peripherie einschließt. Man muß diese Winkel zunächst als die Schaufelwinkel ansehen, hieraus l, r_0 und r_1 berechnen und dann den Ventilator unter passender Annahme des n verzeichnen. Aus der Figur erhält man die wahren Werthe von α_0 und α_1 und kann somit ω, N und den Wirkungsgrad berechnen, woraus sich ergiebt, ob die gewählten Dimensionen zulässig sind, oder nicht.

Annähernd erhält man ω auch durch die Gleichung

$$\omega = \frac{V}{r_1 \sin \alpha_1}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (88)$$

welche erkennen läßt, ob der äußere Durchmesser und die Umdrehungszahl nicht zu groß ausfallen. Fällt r_0 zu klein aus, so kann man dafür einen größeren Werth probiren, ohne r_1 zu ändern, da durch Erweiterung der Saugöffnung auch manche Widerstände verringert werden.

Als Beispiel wollen wir den Ventilator für die Grube Lespérance berechnen, den Combes citirt. Für denselben

ist $Q = 8$ Cubikmeter, $h = 63{,}88$ Meter oder $h_\infty = 0{,}07787$, also $V = 35{,}388$ Meter. Die Formel (85) giebt:

$$21 r_0 = \frac{8}{35{,}3888 \,.\, \pi} = 0{,}0719583.$$

Nimmt man $l = 0{,}15$ Meter, was $r_0 = 0{,}23986$ Meter oder rund $0{,}24$ Meter giebt, so erhält man einen Ventilator von genügender Weite, mit so dicht stehenden Schaufeln, daß sie blos an einer Seite befestigt zu werden brauchen, mit hinreichend weiter, nur wenig Widerstand verursachender Saugöffnung und mit nicht zu großem äußeren Durchmesser. Die Schaufelzahl ist für gerade ebene Flügel zu 8 angenommen worden, weil für diese Zahl nach der obigen Tabelle das Halbmesserverhältniß $\frac{r_1}{r_0} = 2{,}828$ gilt, welches kein zu hohes Rad giebt. Die Hauptdimensionen sind also:

$$\nu = 8, \quad r_1 = 2{,}828, \quad r_0 = 0{,}68 \text{ Meter},$$
$$\varphi = 45^\circ, \quad \alpha_0 = \alpha_1 = 69^\circ\, 7'\, 54''.$$

Formel (88) giebt $\omega = \frac{V}{r_0 \sin \alpha_1} = 55{,}77$ Meter und $n = 532{,}55$.

Der Einfachheit in der Construction halber würde der Schacht durch einen verticalen luftdichten Deckel zu schließen sein, welcher ringsum um 0,4 bis 0,5 Meter über den Umfang des Ventilators vorsteht und auf der einen Seite mit einer gußeisernen, auf der Schachtseite gut abgerundeten Saugöffnung zu versehen wäre. Die Schaufeln sind auf der einen Seite mittelst eines umgebogenen Randes befestigt, auf der anderen frei, aber genau abgerichtet. Die Lager der Welle sind frei zugänglich, von Lagerböcken getragen, zwischen denen die Triebrolle sitzt. Das Gerüst ist so nahe an die Schachtmündung gestellt, daß die Flügel in 4 bis 5 Millim. Abstand davon vorbeistreichen; sie brauchen daher nur 0,145 Meter breit zu sein, da die Bewegung der Luft in diesem Zwischenraume nicht stören kann. Ebenso sind keine Vorkehrungen wegen luftdichten Abschlusses nöthig.

Berechnet man die Widerstände in der oben bereits angegebenen Weise und setzt man $\beta = 0{,}0032$, so wird

$$a' = 0{,}002704$$
$$b' = 0{,}006710$$
$$c' = 0{,}008894$$
$$A' = 0{,}018308.$$

Ferner berechnet sich

$$v = \frac{Q}{\pi r_0^2} = 44{,}20866 \text{ Meter und}$$
$$\frac{V}{v} = 0{,}80047.$$

Gleichung (79) geht wegen Gleichheit der Winkel α_0 und α_1 über in:

$$0{,}8096 \frac{\omega^2}{v^2} = 1{,}659808, \text{ also ist}$$

$$\frac{\omega}{v} = 1{,}4318, \quad \omega = 63{,}2979 \text{ Meter}, \quad n = 604{,}45,$$

$$\frac{\omega}{V} = 1{,}7887 \text{ und } \frac{v}{V} = 1{,}24926.$$

Da n nicht sehr stark von dem obigen Näherungswerthe abweicht, so kann dieser Werth angenommen werden.

In der Gleichung über die Arbeit der Widerstände ist der Ausdruck für die Reibung zu vereinfachen, weil blos 1 Scheibe vorhanden und diese nicht mit Saugöffnung versehen ist; er muß lauten:

$$\frac{2}{5} \beta \,.\, 2 \frac{r_1^5}{r_0^2} \left(\frac{\omega}{V}\right)^2 \frac{\omega}{v}.$$

Man erhält dann:

$$\frac{L'}{L} = 1{,}0608 \text{ und } \frac{L}{L + L_1} = 0{,}485$$

als höchsten theoretischen Wirkungsgrad; effectiv aber etwa $0{,}7 \,.\, 0{,}485 = 0{,}34$.

Combes findet für denselben Ventilator den Wirkungsgrad 0,63 und die Ausflußmenge 6,78 Cubikmeter, wobei aber die von uns berücksichtigten Widerstände in den Grubenbauen vernachlässigt sind. Er giebt demselben folgende Dimensionen, die aber minder günstig zu sein scheinen, als die unsrigen, nämlich:

$r_1 = 0{,}60$ Meter, $r_0 = 0{,}46$ Meter, $l = 0{,}2088$ bis $0{,}2300$ Meter, $\nu = 6$, $\alpha_0 = 14^\circ\, 56'$ (Schaufelwinkel), $\alpha_1 = 0^\circ$, $Q = 6{,}78$ Cubikmeter, $n = 878$, $\eta =$ Wirkungsgrad mit Berücksichtigung der unterirdischen Canäle $= 0{,}386$.

§. 9. Ventilatoren mit Mantel.

Beim Entwurfe dieser Ventilatoren ist eine strenge Berechnung noch weniger möglich, weil die Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit von dem Durchschnitte zweier Curven abhängig ist. Sieht man von den Verlusten ab, und giebt man dem Winkel α_1 seinen vortheilhaftesten Werth $\alpha_1 = 90^\circ$, so hat man nach (6):

$$2\, \omega^2 r_1^2 = V_s^2,$$

oder unter Vernachlässigung der Widerstände in der Windleitung

$$2 \omega^2 r_1^2 = V^2.$$

Beim Uebertritte in den Mantel findet kein Verlust statt, wenn für $\alpha_1 = 90^\circ$

$V_1 = \omega r_1$ ist, also hat man hinreichend genau:
$V_1 = V = \omega r_1$ für $\alpha_1 = 90^\circ$ und allgemein
$V_1 = V = \omega r_1 \sin \alpha_1$.

Für das Verhältniß $\frac{r_1}{r_0}$ ergiebt sich auch hier der

Ausdruck (84) und bei zwei Saugöffnungen ist in dem Ausdrucke (86) blos l statt 2l zu setzen.

Versteht man unter F die Summe der Querschnitte aller Ausströmungsöffnungen, so ist (ohne Rücksicht auf Widerstände) $Q = FV$ und daher wird aus (85):

$$l r_0 = \frac{F}{2\pi}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}. \quad . \quad . \quad . \quad (89)$$

Die Austrittsöffnung des Mantels muß so groß sein als die Summe der Oeffnungen F, wenn $V = V_1$ sein soll, daher ist bei gleichförmiger Breite

$$FV = e l V.$$

In nachstehender Tabelle sind die Formeln zusammengestellt, welche den verschiedenen zu machenden Hypothesen entsprechen.

Allgemeiner Fall	$\frac{r_1}{r_0} = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\sin\alpha_1\cos\alpha_1}}$	$\frac{V}{v} = \frac{r_0}{l}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}$	$l r_0 = \frac{F}{2\pi}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}$	$r_0 = \frac{e}{2\pi}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}$
Wenn $l = r_0$ ist	$\frac{r_1}{r_0} = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\sin\alpha_1\cos\alpha_1}}$	$\frac{V}{v} = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}$	$l = r_0 = \sqrt{\frac{F}{2\pi}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}}$	$l = r_0 = \frac{e}{2\pi}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_0}}$
Ebene und radiale Schaufeln	$\frac{r_1}{r_0} = \frac{1}{\cos\alpha_1}$	$\frac{V}{v} = \frac{r_0}{l}$	$l r_0 = \frac{F}{2\pi}$	$r_0 = \frac{e}{2\pi}$
Desgl. und $l = r_0$	$\frac{r_1}{r_0} = \frac{1}{\cos\alpha_1}$	$\frac{V}{v} = 1$	$l = r_0 = \sqrt{\frac{F}{2\pi}}$	$r_0 = l = \frac{e}{2\pi}$

Bei geraden und radialen Schaufeln kann l nicht gleich $e = r_0$ genommen werden, weil dies auf das absurde Resultat $l = \frac{1}{2\pi}$ oder $l = 2\pi$ führen würde.

Für krumme Flügel ist selbst, wenn das Problem auf die einfachsten Glieder zurückgeführt wird, eine genaue graphische Lösung nicht möglich. Geneigte ebene Flügel gestatten auch keine bessere Lösung.

Was die von anderen Autoren aufgefundenen Werthe desjenigen Verhältnisses von $\frac{r_0}{r_1}$, welches dem Maximum des Nutzeffectes entspricht, anlangt, so beruhen sie auf unzulässigen Voraussetzungen.

Als Beispiel für die blasenden Ventilatoren soll die Berechnung eines Ventilatorgebläses für einen Holzkohlenhohofen vorgeführt werden. Es sei:

$$Q = 0{,}6 \text{ Cubikmeter}, \quad h_\infty = 0{,}06 \text{ Meter}, \text{ also}$$
$$V = 114{,}35 \text{ Meter}.$$

Tritt der Wind durch 2 Düsen in den Ofen, so muß jede 0,058 Meter Durchmesser erhalten und es wird

$$F = 2 . \frac{0{,}058^2 . \pi}{4} = 0{,}005247 = e l.$$

Nimmt man ferner $l = 0{,}15$ Meter an, so wird $e = 0{,}035$ Meter. Bestimmt man r_0 aus Formel (89), so hat man

$$r_0 = \frac{F}{2\pi l} = 0{,}056,$$

was aber größer anzunehmen ist, wenn die Welle nicht die Saugöffnung zu sehr verengen soll. Wir können

$$r_0 = 0{,}15 \text{ Meter}$$

annehmen. Nach der Tabelle auf Seite 392 müßte bei 10 Schaufeln $r_1 = 3{,}4\, r_0$ sein, wofür wir $r_1 = 0{,}5$ Meter setzen wollen. Die Tabelle giebt dann für die Winkel:

$$\varphi = 36^0 \quad \alpha_0 = \alpha_1 = 72^0\, 54'\, 31''.$$

Verzeichnet man den Ventilator mit diesen Elementen (Fig. 29), so erscheint es zweckmäßig, vor die Oeffnung des Mantels eine 4 Meter lange, nach dem Ende hin sich bis zu 0,3 Meter Breite und 0,15 Meter Höhe erweiternde pyramidale Röhre vorzustoßen, von deren großer Basis aus sich dann zwei ebenfalls 4 Meter lange quadratische Röhren von 0,15 Meter Seitenlänge abzweigen würden, an denen die conischen Düsen mit 0,058 Meter Mündungsweite zu befestigen wären.

Hiernach berechnen sich folgende Widerstände. Ist $m = 0{,}85$, so hat man für die Contraction beim Austritte

$$\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 = 0{,}031142,$$

für die Bewegung in den conischen Düsen (dieselben als gleichlange Cylinder von einem mittleren Querschnitte betrachtet):

$$0{,}0032 . 16 . \frac{0{,}058^4}{0{,}104^5} = 0{,}047624,$$

für die Bewegung in den beiden rectangulären Röhren

$$0{,}0032 . \pi^2 . \frac{0{,}058^4}{0{,}15^5} = 0{,}004707,$$

für diejenige in der pyramidenförmigen Röhre (als rectanguläre Röhre von mittlerem Querschnitte betrachtet):

$$0{,}0032\, \pi^2 . \frac{0{,}635}{0{,}0925^3} . \frac{0{,}058^4}{0{,}225^3} = 0{,}035690,$$

also ergiebt sich für die Summe

$$B = 0{,}109163.$$

Nimmt man für die Saugöffnung bei guter Abrundung $\mu = 0{,}95$ und $\beta = 0{,}0032$, so erhält man folgende Coefficienten:

Eintritt in die Saugöffnung	$a =$	$0{,}028092$
Richtungsablenkung	$b =$	$1{,}408164$
Bewegung im Rade	$c =$	$0{,}078405$
	$A =$	$1{,}509661.$

Ferner ergiebt sich:

$$C = 3{,}509661, \quad C' = 0{,}21856.$$

Das auf die Reibung in dem spiralförmigen Mantel bezügliche Glied wird

$$\vartheta r = 0{,}112762,$$

und für die Gleichungen (36) und (38) folgt nach einigen Reductionen:

$$\frac{\omega}{V} = 0{,}87461 \cdot \frac{1}{y} - 1{,}42699 \sqrt{y},$$

$$\frac{\omega}{V} = -2{,}18654 + \sqrt{14{,}427081 + 0{,}51592\,y},$$

worauf der Durchschnitt gefunden wird bei:

$$y = 0{,}3498 \text{ und } \frac{\omega}{V} = 1{,}6352.$$

Hieraus folgt aber

$$\omega = 186{,}987 \text{ und } n = 1785{,}58,$$

also erfolgt der Austritt nur ungefähr auf $^1/_6$ des Umfanges.

Aus diesen Zahlen berechnet sich weiter:

$$\frac{u_m}{V} = 0{,}202943,$$

und dies giebt folgende Factoren für die Gleichung (58):

		+	−
Glied mit	$\frac{u_m^2}{V^2}$	$+0{,}151940$	
„ „	$\frac{\omega}{V} \cdot \frac{u_m}{V}$		$-0{,}201113$
„ „	$\frac{\omega^2}{V^2}$	$+0{,}728633$	
„ „	$\frac{\omega}{V}$		$-0{,}270370$
unabhängiges Glied		$+0{,}109163$	
Glied mit y		$+1{,}039443$	
		$+2{,}029179$	$-0{,}471483.$
		$1{,}557696,$	

daher der Wirkungsgrad $= \frac{1}{1{,}557696} = 0{,}642.$

Nach den oben mitgetheilten Versuchen läßt sich erwarten, daß in Wirklichkeit die Umdrehungszahl nicht wesentlich anders ausfallen würde, als die hier berechnete, und daß der Wirkungsgrad sich dem theoretischen bis auf ca. 10 Procent nähern würde.

Nimmt man $\eta = 0{,}6$, so ist der zu erwartende Nutzeffect

$$0{,}6 \cdot 1{,}22 \cdot 668{,}80 = 489{,}6 \text{ Kilogrammeter}$$

oder 6,53 Pferdekräfte, welcher mit einer Betriebskraft von

11 bis 12 Pferdekräften zu erzielen sein würde,

so daß der Ventilator mit anderen Gebläsen sehr wohl concurriren könnte.

Ableitung der Theorie der oberschlächtigen Wasserräder auf graphischem Wege.

Von

Theodor Seeberger, Polytechniker in Zürich.

(Hierzu Tafel 25.)

Die graphischen Methoden haben in neuerer Zeit im Ingenieurfach eine große Bedeutung erlangt, weil hier viele Probleme vorkommen, für welche das analytische Verfahren Resultate ergiebt, die sich wegen ihrer Complication häufig für eine allgemeine Uebersicht nicht eignen.

Auch im Maschinenfache kommen Fälle vor, ... sich eine graphische Behandlung weit übers... als eine analytische; was sich wohl am besten aus der Theorie der Schiebersteuerungen ersehen läßt.

Aehnlich verhält es sich mit der Theorie der Wasserräder. ... bei einer analytischen Behandlung ... und muß insbesondere bei ... blässigungen einführen, ... Resultat zu erhalten.

Es sind zwar die Wasserräder heutzutage durch die Turbinen ziemlich in den Hintergrund gedrängt worden, doch glaube ich, daß es wenigstens für die Maschinenlehre nicht ganz ohne Interesse ist, eine übersichtliche Theorie der Wasserräder, unserer ältesten hydraulischen Betriebsmaschinen, zu besitzen. Da eine solche auf analytischem Wege nicht gut möglich ist, so wage ich den Versuch, die Theorie der Wasserräder auf graphischem Wege zu entwickeln.

Wir unterscheiden hier oberschlächtige Räder und Kropfräder, indem in diesen beiden Classen alle anderen Räder, bei denen das Wasser nur durch sein Gewicht wirkt, als specielle Fälle enthalten sind.

Zuerst betrachten wir die Leistung eines Rades von bekannten Dimensionen, und untersuchen hierauf den Einfluß der Dimensionen auf die Effectverluste, woraus sich Constructionsregeln ableiten lassen.

Da das oberschlächtige Rad das theoretisch einfachste ist, so soll dieses hier zuerst behandelt werden.

A. Theorie oberschlächtiger Räder.

Als gegeben betrachten wir:

1) Das disponible Gefälle H,
2) den Radius des Rades r,
3) die Umfangsgeschwindigkeit v (man wählt im Mittel $v = 1{,}5$ Meter),
4) die Kranzbreite a (im Mittel ist $a = 0{,}3$ Meter),
5) die Theilung e (nach Redtenbacher wählt man $e = 1{,}4\,a$).

Dann bestimmt sich die Anzahl der Zellen:

$$n = \frac{2r\pi}{e}.$$

Ueber die Radbreite B machen wir keine Annahme, weil sich zeigen wird, daß die Effectverluste unabhängig von der Radbreite sind.

Für diese gegebenen Dimensionen ist zu bestimmen:

I. Der Einlauf,
II. die Effectverluste bei gegebener Füllung,
III. die vortheilhafteste Füllung.

I. Bestimmung des Einlaufes.

Aus den gegebenen Dimensionen kann man das Rad zeichnen und eine beliebige Zellenform wählen (Fig. 1).

Die Zelle soll so geformt sein, daß der Ausguß des Wassers möglichst spät beginnt, und wo möglich erst, wenn die Zelle ihren tiefsten Stand erreicht hat, vollendet ist. Zur Erfüllung der letzten Bedingung ist nothwendig, daß die Tangente im Punkte A an die Schaufel mit der Tangente an die Peripherie des Rades im nämlichen Punkte zusammenfällt, d. h. Winkel $\beta = 0$.

Diese Bedingung läßt sich praktisch nicht ausführen, weil sonst die Schluckweite zu klein wird; es ist der Winkel β durch die Praxis bestimmt. Das Wasser soll ohne Stoß in die Zelle eintreten, weil durch Stoß im Maximum nur die Hälfte der Arbeit gewonnen werden kann, die dem Wasser vermöge seiner Geschwindigkeit innewohnt.

Es findet kein Stoß statt, wenn sich die Eintrittsgeschwindigkeit c in einen Componenten v tangential zur Peripherie des Rades und einen Componenten w tangential zur Zelle zerlegen läßt.

Die Arbeit, welche dem Componenten v entspricht, geht verloren, weil das Wasser mit dieser Geschwindigkeit wieder aus dem Rade tritt. Da die Umfangsgeschwindigkeit aus praktischen Verhältnissen bestimmt ist, so ist dieser Arbeitsverlust constant und kann nicht kleiner gemacht werden.

Die Arbeit, welche dem Componenten w entspricht, wird zu Wirbelbildung verwendet und geht für das Rad verloren. Damit dieser Arbeitsverlust möglichst klein wird, muß w möglichst klein werden. Je kleiner w ist, desto mehr fällt die Richtung und Größe von c mit der von v zusammen. Hieraus folgt die Regel: das Wasser soll tangential zum Rade eintreten mit der Geschwindigkeit $c = v$.

Diese Regel ist praktisch nicht ausführbar, und damit das Wasser nicht über der Zelle wegströmt, muß c etwas nach Innen geneigt sein. Wenn nun die Zelle so construirt ist, daß β möglichst klein ist, so muß wegen dieser durch die Praxis gegebenen Bedingungen nahezu $c = 2v$ werden, damit das Wasser ohne Stoß eintritt.

Man sieht aus Figur 1, daß w ein Minimum wird, wenn die Richtung von w auf der von c senkrecht steht. Es geht w über in w'. Formt man aber die Zelle entsprechend der Richtung w', so beginnt der Ausguß viel früher als im ersten Falle, und der Arbeitsverlust im Ausgußbogen wird bedeutend größer, während der Arbeitsverlust bei der Füllung nur wenig kleiner wird.

Nur bei kleinen Gefällen kann es vorkommen, daß man auf diese Frage Rücksicht zu nehmen hat. Im Allgemeinen wird es vortheilhaft sein, den Winkel β möglichst klein zu machen.

Aus dem Bisherigen geht hervor, daß das Resultat

$$c = 2v$$

nur durch die Praxis bestimmt ist, und daß man es nicht ableiten darf, indem man $w^2 + v^2$ zu einem Minimum macht, wobei man auch v als variabel betrachtet.

Da jetzt die Größe von c bekannt ist, ferner Größe und Richtung von v und die Richtung von w, so läßt sich das Geschwindigkeitsparallelogramm zeichnen, woraus man die Richtung von c und die Größe von w erhält.

Die Geschwindigkeit c läßt sich in einen horizontalen und einen verticalen Componenten zerlegen:

$c\cos\alpha$ und $c\sin\alpha$. (Fig. 2.)

Die Geschwindigkeit $c\cos\alpha$ muß das Wasser schon beim Austritte aus der Ausflußöffnung haben, weil es von dort aus durch den freien Fall nur noch eine Geschwindigkeitszunahme in verticaler Richtung erfährt.

h_1 bezeichne die der Geschwindigkeit $c\cos\alpha$ entsprechende Druckhöhe und h_2 die Fallhöhe, durch welche das Wasser die Geschwindigkeit $c\sin\alpha$ in verticaler Richtung erlangt. Von der horizontalen Ausflußöffnung an, in der Tiefe h_1 unter dem Oberwasserspiegel bewegt sich das Wasser nach einer Wurfparabel. Diese Parabel hat somit in der Tiefe h_1 unter dem Oberwasserspiegel ihren Scheitel. Von dieser Parabel ist ferner die Richtung der Tangente im Punkte A bekannt, indem dort das Wasser die Geschwindigkeit c der Größe und Richtung nach hat. Aus diesen bekannten Stücken läßt sich die Parabel zeichnen. S ist der Parabelscheitel. (Fig. 3.)

Am einfachsten zeichnet man die Parabel durch umhüllende Gerade. Die Ausflußöffnung kann man an irgend eine Stelle der Parabel verlegen, nur muß das Wasser immer in der Richtung der Parabeltangente ausströmen.

Um die Parabel zeichnen zu können, muß h_1 und h_2 bekannt sein. Wenn Wasser unter einem Drucke h ausfließt, so gilt die Gleichung:

$$v^2 = \mu^2 . 2g . h,$$

wobei v die Ausflußgeschwindigkeit und μ der der Ausflußöffnung entsprechende Geschwindigkeitscoefficient ist.

Den Ausfluß durch die Schütze können wir als Ausfluß in dünner Wand betrachten und deshalb $\mu = 0{,}95$ setzen.

Der Parameter der Parabel ist

$$\mu^2 . g = 8{,}854 \text{ Meter}.$$

Die Zeichnung dieser Parabel ist in Figur 4 in $^1/_{30}$ natürlicher Größe ausgeführt.

Man kann hieran für irgend eine Geschwindigkeit die zugehörige Druckhöhe und umgekehrt abmessen. Dies setzt voraus, daß für die verschiedenen Geschwindigkeiten der Geschwindigkeitscoefficient μ derselbe ist, was z. B. bei $c . \cos\alpha$ und $c . \sin\alpha$ nicht erfüllt ist. Man erhält h_2 etwas zu groß. Auf diese Parabel kommen wir bei mittelschlächtigen Rädern zurück.

II. Bestimmung der Effectverluste.

Die Effectverluste rühren davon her, daß Wasser um gewisse Höhen unbenutzt herabfällt. Die Arbeitsverluste, welche in Folge von Geschwindigkeitsverlusten entstehen, sind ganz derselben Art.

Wenn nämlich die Arbeit, welche der Geschwindigkeit v und der Masse m entspricht, verloren geht, so ist der Arbeitsverlust:

$$L = \frac{m v^2}{2} = G . \frac{v^2}{2g} = G . h,$$

wobei G das Gewicht des Körpers und g die Acceleration der Schwere bedeutet.

$\frac{v^2}{2g} = h$ bedeutet die der Geschwindigkeit v entsprechende Fallhöhe.

1. Effectverlust beim Eintritte des Wassers in das Rad.

Das Wasser hat beim Eintritte in das Rad die relative Geschwindigkeit w tangential zur Zelle, welcher die Fallhöhe h_w entspricht, die sich aus der Parabel

$v^2 = \mu^2 2gh$ abmessen läßt. (Fig. 5.)

Von dem Punkte A aus fällt das Wasser noch weiter herab bis auf den Radboden, oder bis zu der Oberfläche des Wassers, das sich bereits in der Zelle befindet. Es erlangt hierdurch die Geschwindigkeit u, indem es noch um die Höhe h_u herabgefallen ist. Es findet hier ein Stoß in Wasser statt und nach dem Satze von Carnot geht die Arbeit verloren, welche der Geschwindigkeit u entspricht. Die verlorene Fallhöhe ist $h_w + h_u$.

Da der Wasserspiegel in der Zelle variirt, so variirt auch h_u.

Die Zelle dreht sich während der Füllung um die Axe des Rades. Da die Füllung nur während der Fortbewegung um eine Theilung dauert, so kann man die hierbei stattfindende Drehung vernachlässigen, ohne einen irgendwie merklichen Fehler zu begehen. Man kann annehmen, die Zelle habe sich parallel mit sich selbst verschoben. Diese Verschiebung kann man aus einer horizontalen Verschiebung und einer Senkung in verticaler Richtung zusammengesetzt denken.

Wir betrachten zuerst nur den Effectverlust bei der Füllung, der bei einer horizontalen Verschiebung entsteht, und berücksichtigen erst nach dieser Untersuchung die Senkung.

Nach der Zeit t ist die Zelle bis zu einer gewissen Höhe gefüllt und es befindet sich in ihr die Wassermenge m.

Die Fallhöhe bis zum Wasserspiegel ist $h_w + h_u$.

Es ist die Wassermenge dm um die Höhe $h_w + h_u$ unbenutzt herabgefallen, wodurch ein Arbeitsverlust:

$dL = (h_w + h_u)\, g\, dm$ entsteht.

$g\,dm$ ist das Gewicht des Wasserelementes dm.

Der Gesammtarbeitsverlust ist:

$$L = \int_0^m (h_w + h_u)\, g\, dm.$$

Hierbei ist h_u eine Funktion von m, auf welche auch die Zellenform von Einfluß ist. Dieses Integral läßt sich nur näherungsweise analytisch lösen, indem man dort den Einfluß der Zellenform vernachlässigt.

Wir bestimmen L graphisch. Zur Bestimmung dieses Integrals müssen wir erst eine Nebenaufgabe lösen, wir müssen nämlich die Aenderung von h_u mit zunehmender Füllung darstellen. (Fig. 5.)

Wir reduciren den Querschnitt des Wasserkörpers bei verschiedenen Füllungen auf eine bekannte Reductionsbasis b, d. h. wir verwandeln den betreffenden Flächeninhalt in ein Rechteck von der Basis b, so daß z. B. ist:

$$x . b = f_x,$$

wobei f_x die schraffirte Fläche vorstellt. Bei einer Ausführung wird man für b eine gerade Anzahl von Längeneinheiten wählen, z. B. b = 10.

Die Längen x sind den Tiefen f_x direct proportional und es geben somit die Aenderungen von x auch die Aenderungen von f_x an.

Trägt man die Höhe des Wasserspiegels über den tiefsten Punkt der Zelle, = h', als Abscisse auf, und die Längen x als Ordinaten, und verbindet die Endpunkte der Ordinaten durch eine Curve, so stellen diese Ordinaten den der jeweiligen Füllung entsprechenden Flächeninhalt f_x dar. Aus diesem Grunde nenne ich diese Curve die „Curve der Flächeninhalte".

Die Ordinaten der Curvenpunkte sind auch der Wassermenge, welche sich bei irgend einer Füllung in der Zelle befindet, direct proportional, weil der Inhalt des Wasserkörpers gleich dem eines Prismas ist von der Grundfläche f_x und der Höhe B.

(B = Radbreite.)

Da für ein gegebenes Rad die Radbreite constant ist, so stellt die Aenderung von f_x auch die Aenderung der Wassermengen vor.

Da ferner die Wassermenge ihrem Gewichte G proportional ist, so sind auch die Ordinaten der Curvenpunkte dem Gewichte des sich in der Zelle befindlichen Wassers proportional.

Jetzt läßt sich sofort der bei der Füllung entstehende Arbeitsverlust bestimmen, unter der Voraussetzung, daß sich die Zelle horizontal verschiebt.

Das Gewicht dG, welches der Wassermenge dm entspricht, ist um die Höhe $h_w + h_u$ unbenutzt herabgefallen. dG wird durch die unendlich kleine Aenderung von x, durch dx dargestellt.

Die verlorene Arbeit ist

$$dL = (h_w + h_u)\, dG,$$

und diese wird durch das unendlich kleine Rechteck vom Inhalte

$$(h_w + h_u)\, dx \text{ dargestellt.}$$

Der Gesammtarbeitsverlust ist gleich der Summe dieser unendlich kleinen Arbeitsverluste und es repräsentirt somit in Fig. 5 die schraffirte Fläche den Gesammtarbeitsverlust, während die Füllung von 0 bis f_x wächst.

Die Bestimmung des Arbeitsverlustes ist mit der Bestimmung des Schwerpunktes einer homogenen ebenen Fläche identisch. (Fig. 6.)

Es soll für die Fläche F der Schwerpunkt gesucht werden. Wir zeichnen die Curve der Flächeninhalte; dann repräsentirt die letzte und größte Ordinate 1 derselben die Fläche F.

Das Wachsthum von $\dot{x}$, nämlich dx, repräsentirt das Flächendifferenzial dF.

ydx = Moment von dF um die X Axe. Die Gesammtfläche $\int_0^1 y\,dx$ = Moment von F um die Axe X.

Es ist das Moment auch gleich 1.h, wobei h der Abstand des Schwerpunktes der Fläche F von X ist.

1.h = Rechteck von der Basis 1 und der Höhe h, und dies muß gleich der Fläche $\int_0^1 y\,dx$ sein, d. h. man braucht diese Fläche nur in ein Rechteck von der Basis 1 zu verwandeln; die Höhe h desselben repräsentirt den Abstand des Schwerpunktes der Fläche F von der Axe X.

Führt man diese Operation noch für eine andere Axe Y aus, dann erhält man 2 Gerade, auf welchen der Schwerpunkt von F liegt, d. h. er liegt in ihrem Schnittpunkte.

Die letzte Ordinate der Curve der Flächeninhalte (Fig. 5) = x_{max}, repräsentirt den Gesammtquerschnitt der Zelle, = F.

Es ist F = a.e, wenn die Theilung auf dem mittleren Kreise vom Radius $r - \frac{a}{2}$ gemessen wird, d. h. F ist unabhängig von der Form der Zelle.

Bei der analytischen Bestimmung des Arbeitsverlustes nimmt man gewöhnlich stillschweigend an, daß auch die Curve der Flächeninhalte von der Form der Zellen unabhängig ist, was jedoch nicht richtig ist.

Unter Füllung einer Zelle versteht man den Bruch:

$$E = \frac{Q}{a . Bv}.$$

Q = disponible Wassermenge pro Secunde.

Es ist auch

$$E = \frac{f_x}{a \cdot c} = \frac{x}{x_{max}}.$$

Wenn man x_{max} gleich der Einheit setzt, so giebt x unmittelbar die Füllung an.

1^a) Arbeitsverlust, der durch das Sinken der Zelle entsteht. (Fig. 7.)

Die Zelle bewegt sich während der Füllung um eine Theilung weiter, und der Punkt, welcher bei Beginn der Füllung in A war, ist am Ende der Füllung in B angelangt. Er hat sich dabei um eine Strecke AE gesenkt, welche die Projection des Weges AB auf eine Verticale ist. Da wir die Drehung der Zelle vernachlässigen, so können wir annehmen, daß sich jeder Punkt der Radschaufel um AE gesenkt hat. Es ist somit das Wasserelement, welches noch zuletzt in die Zelle gelangt, um eine Höhe unbenutzt herabgefallen, welche um AE größer ist, als wir vorhin annahmen.

Ganz ähnlich kann man für jede Stellung der Zelle zwischen A und B die Fallhöhen angeben, die noch zu den Höhen addirt werden müssen, die man erhält, wenn sich die Zelle horizontal verschiebt.

Wenn z. B. der Punkt, der bei Beginn der Füllung in A war, nach C gelangt ist und $AC = \frac{1}{2} AB$ ist, so befindet sich in der Zelle die Wassermenge $\frac{q}{2}$, weil sich das Rad gleichförmig bewegt und das Wasser gleichförmig zufließt. Die Wasserelemente, welche bei der Stellung der Zelle in C zufließen, sind um eine Höhe AD weiter herabgefallen, als wir bei Bestimmung des Arbeitsverlustes 1. annahmen.

Der Arbeitsverlust, welcher durch das Sinken der Zelle entsteht, läßt sich zeichnen. Man braucht nur die Wassermenge, welche sich bei einer Stellung der Zelle zwischen A und B in derselben befindet, als Abscisse aufzutragen, und die Fallhöhen, welche immer den letzten Elementen der Wassermengen entsprechen, als Ordinaten und erhält dann ganz ähnlich wie beim Arbeitsverluste 1. eine Fläche, welche den durch das Sinken der Zelle entstehenden Arbeitsverlust repräsentirt. (Fig. 8.)

Da der Kreisbogen AB nahezu als das Stück einer Geraden angesehen werden kann, so stellt sich der Arbeitsverlust 1^a nahezu durch ein Dreieck dar, dessen Basis wieder die Länge x ist, welche die Wassermenge q, die sich in einer Zelle befindet, repräsentirt. Dieser Arbeitsverlust wird um so kleiner, je kleiner AE ist, d. h. je näher die Füllung am Radscheitel stattfindet, und je größer der Durchmesser des Rades ist.

Für ein gegebenes AE ist dieser Arbeitsverlust vollkommen bestimmt, wenn die Wassermenge q, die sich in einer Zelle befindet, bekannt ist. Der Effectverlust 1^a ist deshalb constant.

2. Arbeitsverlust in Folge der Geschwindigkeit v des Rades.

Wegen der Geschwindigkeit v des Rades tritt ein Arbeitsverlust $= \frac{M v^2}{2} = G \frac{v^2}{2g}$ auf.

Die Fallhöhe $\frac{v^2}{2g}$ läßt sich aus der früher gezeichneten Parabel abmessen. Trägt man wieder die Wassermengen als Abscissen auf und die Fallhöhen als Ordinaten, so erhält man als Fläche, welche den Arbeitsverlust darstellt, ein Rechteck, weil die Fallhöhe h für jedes Wasserelement dieselbe ist. Dieser Arbeitsverlust ist bei gegebener Wassermenge q constant, wenn man die Umfangsgeschwindigkeit v gewählt hat. (Fig. 9.)

3. Arbeitsverlust im Ausgußbogen.

Dieser Arbeitsverlust entsteht durch das Herabfallen des Wassers nach dem Ausguß bis zum Unterwasserspiegel. Der Einfachheit halber nehmen wir den Wasserspiegel in der Zelle als horizontal an, wiewohl er wegen der Geschwindigkeit des Rades nicht horizontal ist.

Hierdurch erhalten wir den Arbeitsverlust etwas zu klein, weil in Wirklichkeit der Ausguß früher beginnt und früher vollendet ist, als wir annehmen.

Der Fehler, den wir hierbei begehen, ist sehr unbedeutend, so daß diese Annahme erlaubt ist.

(Fig. 10.) Der Wasserspiegel geht während des Ausgusses immer durch den Punkt A. Wir zeichnen jetzt wieder die Curve der Flächeninhalte, aber diesmal in Polarcoordinaten, indem wir den Punkt A als Pol betrachten. Als Leitstrahlen tragen wir die Längen auf, welche dem Gewichte des Wassers, das sich in der Zelle befindet, proportional sind. Die Endpunkte der Leitstrahlen verbinden wir durch eine Curve, welche die Curve der Flächeninhalte ist. Als Reductionsbasis b wählt man natürlich dieselbe Länge, wie früher. Wenn man den Leitstrahl rückwärts verlängert, dann wird die Fläche, welche hierdurch aus dem Zellenquerschnitte ausgeschieden wird, durch die Länge des Leitstrahles dargestellt. Es ist z. B. in Fig. 10:

$$x \cdot b = \text{schraffirte Fläche}.$$

Mit Hilfe dieser Curve der Flächeninhalte kann man für irgend eine Stellung der Zelle im Ausgußbogen die Wassermenge, die sich in derselben befindet, angeben. Es läßt sich somit der Arbeitsverlust ebenso bestimmen, wie in den vorhergehenden Fällen. Man trägt wieder das Gewicht der sich in der Zelle befindlichen Wassermenge als Abscisse auf, und die entsprechenden Fallhöhen als Ordinaten. (Fig. 11.)

Es fällt das Gewicht dx um die Höhe h_x unbenutzt herab, und es ist $h_x . dx$ die für das Rad verlorene Arbeit. Diese Operation hat man für jedes Element auszuführen und die Summe zu bilden. Die Fläche, welche man hierdurch erhält, stellt den Gesammtarbeitsverlust vor.

Es ist z. B. $\int_0^{x_1} h_x dx =$ Arbeitsverlust bei der Füllung $\frac{x_1}{x_{max}}$.

Ferner stellt z. B. h den Arbeitsverlust bei der Füllung $\varepsilon = 0$ vor. Wir kommen später wieder auf diesen Arbeitsverlust zurück.

III. Bestimmung der vortheilhaftesten Füllung bei gewählter Zellenform.

Die Füllung einer Zelle ist bei einer disponiblen Wassermenge Q die vortheilhafteste, wenn die Summe aller Arbeitsverluste ein Minimum ist.

Wie wir gesehen haben, sind für eine gegebene Wassermenge q, die sich in einer Zelle befinden soll, die Arbeitsverluste, welche mit 1ᵃ und 2 bezeichnet wurden, constant. Damit die Füllung die vortheilhafteste wird, reicht es aus, die Summe der Arbeitsverluste bei der Füllung und im Ausguß zu einem Minimum zu machen. Man darf nicht jeden einzelnen Arbeitsverlust zu einem Minimum machen, weil diese beiden Arbeitsverluste von einander abhängig sind.

Zuerst betrachten wir jeden dieser Arbeitsverluste für sich etwas näher und dann erst ihre Summe.

1) Arbeitsverlust bei der Füllung. (Fig. 12.)

Die Wassermenge, welche sich in einer Zelle befindet, sei q.

Für verschiedene Füllungen E_1 und E_2 ist auch der Querschnitt des Wasserkörpers verschieden, $= F_1$ und F_2, und die entsprechenden Radbreiten sind B_1 und B_2. Es ist:

$$F_1 B_1 = q = F_2 B_2.$$

Die Ordinaten x_1 und x_2 der Curve der Flächeninhalte repräsentiren das Gewicht G der Wassermenge q.

Wenn das Gewicht der Cubikeinheit γ ist, so ist:

$$G = x_1 b B_1 \gamma \text{ und}$$
$$G = x_1 b B_2 \gamma.$$

Hieraus ergiebt sich $x_1 B_1 = x_2 B_2$.

Die Flächen F′ und F″ sind nach Früherem den Arbeitsverlusten L_1' und L_1'' proportional. Man kann diese Flächen auf Rechtecke von der Basis x_1 und x_2 reduciren, so daß:

$$F' = x_1 h_1,$$
$$F'' = x_2 h_2.$$

Wenn F′ und F″ die Arbeitsverluste L_1' und L_1'' direct darstellen sollen, so hat x_1 und x_2 dieselbe Bedeutung, sie bedeuten das Gewicht G. Deshalb verhalten sich die Arbeitsverluste:

$$L_1' : L_1'' = h_1 : h_2.$$

Wenn x_1 und x_2 nur Längen bedeuten, so ist:

$$L_1' = x_1 b B_1 \gamma h_1 \text{ und}$$
$$L_1'' = x_2 b B_2 \gamma h_2.$$

Hieraus folgt wieder, da $x_1 B_1 = x_2 B_2$ ist:

$$L_1' : L_1'' = h_1 : h_2.$$

Nach Früherem stellen h_1 und h_2 die Abstände der Schwerpunkte der Flächen F_1 und F_2 vor.

Wenn F_2 größer als F_1 ist, so liegt der Schwerpunkt von F_2 der X Axe näher als der von F_1, und es ist

$$h_2 < h_1.$$

Es ist $F_2 > F_1$, wenn

$$E_2 > E_1.$$

Hieraus folgt: $L' > L_1''$,

d. h. der Arbeitsverlust bei der Füllung wird um so kleiner, je größer die Füllung ist.

Die Längen h_1, h_2 ꝛc. repräsentiren die Arbeitsverluste.

Man erhält ein Bild von der Abnahme des Arbeitsverlustes mit der Füllung, wenn man die Füllung als Abscisse aufträgt und die entsprechenden Arbeitsverluste als Ordinaten und die Endpunkte der Ordinaten durch eine Curve verbindet. Hierbei ist zu bemerken, daß die Längen x unmittelbar die Füllung vorstellen, wenn man nur x_{max} als Einheit betrachtet. Diese Curve der Arbeitsverluste ist in Fig. 12 als punktirte Linie gezeichnet.

2) Arbeitsverlust im Ausgußbogen.

Es läßt sich unmittelbar erkennen, daß für eine gegebene Wassermenge q dieser Arbeitsverlust um so größer ist, je größer die Füllung ist, indem bei einer großen Füllung der Ausguß früher beginnt, als bei einer kleinen. Hierin liegt der Grund, daß es eine Füllung giebt, für welche die Summe der Arbeitsverluste ein Minimum ist.

Für eine schon bekannte Füllung läßt sich der Punkt markiren, bei dem der Ausguß beginnt. Man kennt nämlich den Winkel α (Fig. 10), welchen der Wasserspiegel in einer Zelle mit der Tangente an die Peripherie des Rades bildet. Da der Wasserspiegel horizontal ist, so kann man die Richtung der Tangente für den Punkt, in welchem der Ausguß beginnt, angeben und braucht nur parallel zu dieser Richtung an der Peripherie des Rades eine Tangente zu legen. In dem Berührungspunkte beginnt der Austritt des Wassers.

Hat man ferner (Fig. 11) die Curve gezeichnet, welche für irgend eine Stellung der Zelle im Ausgußbogen die Wassermenge angiebt, die sich noch in der Zelle befindet,

so läßt sich für irgend eine Füllung x der Arbeitsverlust angeben.

Es bedeutet z. B. die schraffirte Fläche F_1' den Arbeitsverlust bei der Füllung x_1. Die Ergänzung dieser Fläche zu dem Rechtecke $x_1 h_1$ ist die Arbeit, welche im Ausgußbogen an das Rad abgegeben wurde.

Verwandelt man wieder wie bei dem Arbeitsverluste während der Füllung die Fläche F_1' in ein Rechteck von der Basis x_1, so ist:

$$F_1' = x_1 . h_1'.$$

Für eine andere Füllung x_2 ist:

$$F_2' = x_2 . h_2'.$$

Bezeichnet man die Arbeitsverluste bei diesen verschiedenen Füllungen mit L_2' und L_2'', so sind wieder die Flächen F_1' und F_2' diesen Arbeitsverlusten proportional und es ist wieder:

$$L_2' : L_2'' = h_1' : h_2'.$$

Wenn h_2' und L_2'' der größeren Füllung entsprechen, so ist:

$$h_2' > h_1'.$$

Daraus folgt: $L_2' < L_2''$,

d. h. der Arbeitsverlust im Ausgußbogen für eine Wassermenge q nimmt ab, wenn die Füllung abnimmt, oder wächst mit der Füllung.

Jetzt zeichnet man wieder wie früher die Curve der Arbeitsverluste, wodurch man ein Bild von der Zunahme der Arbeitsverluste mit zunehmender Füllung erhält. Diese Curve ist in Fig. 11 als punktirte Linie angegeben.

Die vortheilhafteste Füllung erhält man, wenn man für die verschiedenen Füllungen die Summe der Arbeitsverluste, bei der Füllung und im Ausgußbogen bildet. Hierdurch erhält man eine neue Curve der Arbeitsverluste. (Fig. 13.) Eine Ordinate dieser Curve ist am kleinsten und es entspricht dieser Ordinate eine Füllung $\frac{x_v}{x_{max}} = E_v$, welche die vortheilhafteste Füllung ist.

Da die Wassermenge q bekannt ist, so ist für die Füllung E_v die Radbreite B_v bestimmt.

Es ist: $B_v . b . x_v = q.$

Es kommt häufig vor, daß x_v sehr klein oder $= 0$ wird, d. h. es muß die vortheilhafteste Radbreite sehr groß oder gar unendlich groß sein.

Man sieht in diesem Falle wenigstens aus der Curve der Arbeitsverluste, wie sich der Arbeitsverlust ändert, wenn man sich von seinem Minimum entfernt.

Bestimmung des Effectverlustes.

Man braucht nur eine einzige Zelle von ihrer Füllung bis zum Ausguß zu verfolgen und das Verhältniß der verlorenen Arbeit zur disponibeln zu bestimmen.

Wenn wir eine Füllung x gewählt haben, so repräsentirt diese das Gewicht der Wassermenge q.

Die Arbeitsverluste sind alle bereits auf Rechtecke von der Basis x und den entsprechenden Höhen reducirt. Durch Addition aller dieser Rechtecke erhalten wir eines von der Basis x und der Höhe h, welches den Gesammtarbeitsverlust L vorstellt. Es ist:

$$L = x . h$$

Wenn H das disponible Gefälle ist, so ist die disponible Arbeit:

$$L_d = x . H,$$

dann bestimmt sich der Effectverlust:

$$\xi = \frac{L}{L_d} = \frac{h}{H}.$$

In x ist die Radbreite B enthalten. Da ξ von x unabhängig ist, so folgt:

Der Effectverlust bei einem oberschlächtigen Rade von gegebenem Radius ist nur von den Querschnittsverhältnissen des Rades und von der Füllung abhängig, und unabhängig von der Radbreite.

Von dem Einfluß der Radgröße auf die Arbeitsverluste und Füllung.

Wir vergleichen hier 2 Räder von derselben Kranzbreite, Theilung, Schaufelform und Füllung, aber von verschiedenen Durchmessern. Dann ist für beide Räder die Curve der Flächeninhalte bei der Füllung nahezu dieselbe, indem hierbei nur die in beiden Fällen etwas verschiedene Krümmung des Rades vernachläßigt ist. Daraus folgt, daß der Arbeitsverlust bei der Füllung für beide Räder derselbe ist.

Anders verhält es sich mit dem Arbeitsverluste im Ausgußbogen. (Fig. 14.)

Die Wassermenge, welche sich bei irgend einer Stellung der Zelle im Ausgußbogen in der Zelle befindet, ist nur von dem Drehwinkel α abhängig, und unabhängig vom Raddurchmesser, indem man die verschiedene Krümmung der Räder vernachlässigen kann.

Die Längen y stellen Wassermengen vor, und es ist y gleich einer Function des Drehwinkels α:

$$y = F(\alpha).$$

Der Arbeitsverlust im Ausgußbogen ist

$$L = \int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} y \, dx.$$

Es ist:

$$dx = r d\alpha \cos\alpha.$$

Somit:

$$L = r \int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} F(\alpha) \cos\alpha \, d\alpha.$$

Für ein Rad vom Radius R ist:

$$L' = R \int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} F(\alpha) \cos\alpha \, d\alpha.$$

Hieraus folgt:

$$\frac{L}{L'} = \frac{r}{R},$$

d. h. der Arbeitsverlust im Ausgußbogen ist dem Radius des Rades direct proportional.

Nahezu ist auch die disponible Arbeit dem Radius proportional, woraus folgt, daß der Effectverlust im Ausgußbogen nahezu constant ist.

Der Arbeitsverlust, welcher durch das Freihängen entsteht, ist unabhängig von dem Durchmesser des Rades.

Bildet man für Räder von verschiedenen Durchmessern die Curven der Arbeitsverluste, so ändert sich die Curve der Arbeitsverluste bei der Füllung nicht, während sich die Curve der Arbeitsverluste für den Ausguß um so rapider von der Abscissenaxe entfernt, je größer der Raddurchmesser ist. Bildet man deshalb die Summe der Arbeitsverluste, so findet das Minimum derselben bei einer um so kleineren Füllung statt, je größer der Raddurchmesser ist.

Es folgt, daß die vortheilhafteste Füllung für Räder von kleinem Durchmesser größer ist, als für Räder von großem Durchmesser.

Einfluß der Theilung auf Arbeitsverluste und Füllung.

Der Arbeitsverlust, welcher durch die Umfangsgeschwindigkeit des Rades entsteht, ist von der Theilung unabhängig und kommt deshalb hier nicht weiter in Betracht. Was den Arbeitsverlust, der durch das Sinken der Zelle während der Füllung entsteht, betrifft, so ist dieser der Theilung nahezu direct proportional, weil man den Kreisbogen von der Länge einer Theilung nahezu als das Stück einer Geraden betrachten kann. Er wird um so kleiner, je kleiner die Theilung ist.

Bei einer gegebenen Füllung ist der Punkt A, in welchem der Ausguß des Wassers beginnt, bestimmt. (Fig. 15.)

Dann kann der tiefste Punkt B der nachfolgenden Zelle, für welche der Ausguß noch nicht begonnen hat, entweder in das Wasser, welches sich in der Zelle A befindet, tauchen, oder den Wasserspiegel berühren, oder noch einen Zwischenraum frei lassen. Dieser letzte Fall kommt fast bei allen Rädern vor, weshalb wir ihn etwas näher betrachten.

In diesem Falle kann man die Theilung um so viel kleiner machen, daß der tiefste Punkt der Zelle B gerade den Wasserspiegel berührt, wodurch an dem Arbeitsverluste im Ausgußbogen nichts geändert wird, indem er nach demselben Gesetze wie früher erfolgt.

Betrachtet man hingegen den Arbeitsverlust bei der Füllung, so erkennt man, daß dieser kleiner geworden ist. Es geht die Curve der Flächeninhalte bei der Füllung von C_1 in C_2 über, und da die Fläche des Zellenquerschnittes F_2 bei der kleineren Theilung e_2 kleiner ist, als die des ersten, F_1, bei der Theilung e_1, so nähert sich die Curve C_2 schneller der Abscissenaxe, als C_1.

Daraus folgt, daß, wenn h_2 und h_1 die Arbeitsverluste bei der Füllung für die Theilungen e_2 und e_1 vorstellen,

$$h_2 < h_1 \text{ ist.}$$

Es befindet sich in beiden Zellen dieselbe Wassermenge q.

Da ferner $F_2 < F_1$, so folgt für die Füllungen:

$$E_2 > E_1.$$

Es ist somit für die Theilung e_2 die Summe der Arbeitsverluste kleiner als für die Theilung e_1, und außerdem die Füllung größer, wodurch die Radbreite B_2 kleiner wird als B_1, nämlich:

$$B_2 = \frac{E_1}{E_2} B_1.$$

Wenn man die Theilung noch kleiner macht, als e_2, so wird der Arbeitsverlust bei der Füllung noch kleiner, als h_2.

Der Arbeitsverlust im Ausguß hingegen wird größer, weil die Zelle B in das Wasser der Zelle A taucht, wodurch der Ausguß früher beginnt. In den meisten Fällen nimmt dieser Arbeitsverlust schneller zu, als der bei der Füllung abnimmt, wodurch die Summe der Arbeitsverluste wieder wächst. Man kann deshalb im Allgemeinen sagen:

Die Theilung soll so beschaffen sein, daß bei Beginn des Ausgusses der Wasserspiegel in der Zelle, für welche der Ausguß beginnt, von der nachfolgenden Zelle berührt wird.

Die Füllung E_2 wird im Allgemeinen nicht die vortheilhafteste sein. Um diese zu erhalten, muß man für die Theilung e_2 die Curve der Arbeitsverluste bestimmen, und das Minimum derselben aufsuchen. Wenn das Minimum der Summe aller Arbeitsverluste für die Theilung e_1 bei x_{v_1} eintritt und für die Theilung e_2 bei x_{v_2}, so ist:

$$x_{v_2} > x_{v_1};$$

indem sich bei der Theilung e_2 die Curve der Arbeitsverluste bei der Füllung schneller der Abscissenaxe nähert, als bei der Theilung e_1, während die Curve der Arbeitsverluste für den Ausguß in beiden Fällen dieselbe ist.

Es ergiebt sich hieraus, daß die vortheilhafteste Füllung für eine kleine Theilung größer ist, als für eine große Theilung, was der Hauptvortheil einer kleinen Theilung ist, indem das Rad eine geringere Breite erhält.

Was schließlich noch die Kranzbreite a betrifft, so ist diese hauptsächlich für den Arbeitsverlust bei der Füllung von ungünstigem Einfluß, während sie auf den Arbeitsverlust im Ausguß von untergeordnetem Einfluß ist. Es wird im Allgemeinen vortheilhaft sein, die Kranzbreite klein zu machen.

In Folgendem soll noch ein Beispiel behandelt werden, welches hauptsächlich die Einfachheit dieser graphischen Methode darlegen soll.

Beispiel. Es ist für ein Gefälle von 5 Metern ein oberschlächtiges Rad hinsichtlich der Effectverhältnisse zu untersuchen.

Die Zeichnung ist in den unter Fig. I. zusammengefaßten Figuren in $1/_{20}$ natürlicher Größe ausgeführt.

Es ist gewählt:

$$r = \frac{h}{2} - 0{,}25 \text{ Meter} = 2{,}25 \text{ Meter},$$

Kranzbreite $a = 0{,}3$ Meter,

Theilung $e_1 = 1{,}4\,a = 0{,}420$ Meter.

Man wählt eine beliebige Zellenform (in diesem Beispiele sind Holzschaufeln ohne Ueberdeckung gewählt) und bestimmt den Punkt A, bei dem das Wasser in das Rad tritt, indem man den Bogen vom Radscheitel bis A gewöhnlich 13° macht.

Die Umfangsgeschwindigkeit v des Rades wählt man:

$$v = 1{,}5 \text{ Meter}.$$

Wenn man die Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers $c = 2v$ annimmt, so läßt sich das Parallelogramm der Geschwindigkeiten zeichnen. Es ist daffelbe in Figur I_1 in $1/_{50}$ natürlicher Größe gezeichnet. Aus der Parabel

$$v^2 = \mu^2 2gh$$

lassen sich die den Geschwindigkeiten c, v, w, $c\sin\alpha$ und $c\cos\alpha$ entsprechenden Fallhöhen abmessen, wodurch man nach Früherem die Höhe des Oberwasserspiegels über dem Punkte A erhält und den Einlauf zeichnen kann. Aus Figur I_1 sieht man, daß der Einlauf nicht sehr günstig ausfällt, indem der Parabelscheitel S sehr nahe an das Rad fällt, und daß die Verhältnisse noch ungünstiger werden, wenn $c < 2v$ ist.

Vor allem zeichnet man jetzt die Curven der Flächeninhalte für die Füllung und den Ausguß. Dies sind die Curven C_1 und C_2 in den Figuren I_2 und I_3. Die größte Ordinate x_{max} der Curve C_1 repräsentirt den Gesammtquerschnitt der Zelle, $= a e_1$.

Als Reductionsbasis ist b = 10 Millimeter angenommen. Es ist z. B.:

$$a e_1 = 10 . x_{max} = 315 \text{ Quadratmillimeter}.$$

Wenn für irgend eine Füllung E der Querschnitt des Wasserkörpers durch x dargestellt ist, so ist:

$$E = \frac{x}{x_{max}}.$$

Aus der Curve C_2 läßt sich die Curve zeichnen, welche für eine Stellung der Zelle im Ausgußbogen die Wassermenge angiebt, die sich in derselben befindet, und welche dadurch den Arbeitsverlust im Ausgußbogen bestimmt. Dies ist die Curve C_2' in Figur I_4.

Aus den Curven C_1 und C_2' bestimmen sich die Curven der Arbeitsverluste L_1 und L_2 für die Füllung und den Ausguß in Figur I_2 und I_4.

Die Abscissen dieser Curven stellen die Füllungen vor und die Ordinaten die diesen Füllungen entsprechenden Arbeitsverluste.

Durch Addition der Ordinaten dieser Curven, welche gleichen Abscissen entsprechen, erhält man die Summe der Arbeitsverluste für die Füllung und den Ausguß. Dies giebt die Curve $L_1 + L_2$ in Figur I_5. Die Ordinaten dieser Curve sind von der Axe $X_1 X_1$ aus gerechnet. Diese Curve hat für die Abscisse x_{v_1} ein Minimum. Nach Früherem stellt x_{v_1} die vortheilhafteste Füllung E_{v_1} dar und es ist:

$$E_{v_1} = \frac{x_{v_1}}{x_{max}}.$$

In diesem Beispiele findet sich:

$$E_{v_1} = 0{,}064.$$

Die Arbeitsverluste, welche durch das Sinken der Zelle bei der Füllung und durch die Umfangsgeschwindigkeit des Rades entstehen, sind durch die Rechtecke I_6 und I_7 dargestellt. Die Höhen dieser Rechtecke h_{1a} und h_3 sind die verlorenen Fallhöhen. Die Basis der Rechtecke ist erst bestimmt, wenn eine Füllung x gewählt ist. Für die vortheilhafteste Füllung ist die Basis $= x_{v_1}$.

Um für irgend eine Füllung die Summe aller Arbeitsverluste zu bestimmen, müssen noch die Höhen h_{1a} und h_3 zu den Ordinaten der Curve $L_1 + L_2$ addirt werden.

Da h_{1a} und h_3 von der Füllung unabhängig sind, so ändert sich durch Addition dieser Höhen zu den Ordinaten der Curve $L_1 + L_2$ diese Curve nicht, sondern es sind die Ordinaten gleichsam von einer anderen Axe XX aus gerechnet. Die Entfernung der Axen X_1 und X ist $h_{1a} + h_3$.

Jetzt läßt sich für irgend eine Füllung x leicht der Effectverlust ξ bestimmen. Es ist:

$$\xi = \frac{x . (h_1 + h_{1a} + h_2 + h_3)}{x . h}.$$

(wobei h das disponible Gefälle ist).

Der Wirkungsgrad ist:

$$\eta = 1 - \xi.$$

In unserm Beispiele findet man für verschiedene Werthe der Füllung folgende Werthe des Wirkungsgrades:

$E =$	$E_{v_1} = 0{,}064$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
$\eta =$	0,79	0,78	0,77	0,74	0,68

Man sieht, daß für große Füllungen der Wirkungsgrad sehr bedeutend abnimmt, daß man sich jedoch ziemlich weit vom Minimum entfernen kann, ohne daß sich der Wirkungsgrad wesentlich verschlechtert.

Die vortheilhafteste Füllung E_{v_1} ist für die Praxis zu klein. Wir wollen bei der Theilung e_1 die Füllung

$$E = \frac{1}{3} \text{ wählen.}$$

Bei dieser Füllung beginnt der Ausguß im Punkte B (Fig. I_4). Hierbei taucht die nachfolgende Zelle noch nicht in den Wasserspiegel der Zelle B. Man kann die Theilung um so viel kleiner machen, daß der Wasserspiegel in der Zelle B von dem tiefsten Punkte der nachfolgenden Zelle berührt wird. Es wird in diesem Falle die Theilung $e_2 = 0{,}280$ Meter, während $e_1 = 0{,}420$ Meter war.

Für diese Theilung e_2 geht die Curve der Flächeninhalte bei der Füllung in C_1' über, und die Curve der Arbeitsverluste in L_1'.

x_{max}' stellt den Zellenquerschnitt für die Theilung e_2 vor. Die Füllung ist für einen Querschnitt x des Wasserkörpers:

$$E = \frac{x}{x_{max}}.$$

An den Verhältnissen für den Ausguß ändert sich nichts.

Der Arbeitsverlust, welcher durch das Sinken der Zelle während der Füllung entsteht, ist in Figur I_8 dargestellt. Er ist in diesem Falle kleiner als für die Theilung e_1.

Der Arbeitsverlust in Folge der Radgeschwindigkeit ist derselbe geblieben. Bildet man die Summe aller Arbeitsverluste, so erhält man analog dem Früheren eine Curve $L_1' + L_2$, deren Ordinaten von der Axe $X_1 X_1$ aus gerechnet sind.

Für die Abscisse x_{v_2} hat diese Curve ein Minimum und es muß sein:

$$x_{v_2} > x_{v_1}.$$

Die vortheilhafteste Füllung ist in diesem Falle:

$$E_{v_2} = \frac{x_{v_2}}{x_{max}'}.$$

Da $x_{max}' < x_{max}$ und

$$x_{v_2} > x_{v_1},$$

so ist um so mehr:

$$E_{v_2} > E_{v_1}.$$

Man erhält in diesem Falle

$E_{v_2} = 0{,}19$, während
$E_{v_1} = 0{,}064$ ist.

Für diese Füllung E_{v_2} erhält man als Wirkungsgrad

$\eta_{2v} = 0{,}80$, während
$\eta_{1v} = 0{,}79$ ist.

Hieraus sieht man, daß der Vortheil einer kleinen Theilung weniger in einer Verbesserung des Wirkungsgrades besteht, sondern vielmehr in der größeren Füllung.

Für den Querschnitt des Wasserkörpers, welcher durch x dargestellt ist, ist bei der Theilung e_1 die Füllung

$$E_1 = \frac{1}{3}.$$

Bei der Theilung e_2 ist für x die Füllung $E_2 = \frac{1}{2}$.

Außerdem ist der Wirkungsgrad:

$\eta_1 = 0{,}77$,
$\eta_2 = 0{,}79$.

Wenn für eine disponible Wassermenge pro Secunde $= Q$ die Radbreiten in beiden Fällen B_1 und B_2 sind, so ist:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{E_2}{E_1}.$$

In unserm Beispiele ist:

$$B_1 = 1{,}5\, B_2.$$

Das Rad von der Theilung e_1 wird 1,5 mal so breit, wie das von der Theilung e_2, und man erhält außerdem einen um 2 % geringeren Wirkungsgrad bei Anwendung der Theilung e_1.

In der Praxis gestalten sich die Verhältnisse bei einer kleinen Theilung nicht so vortheilhaft, wie wir hier gefunden haben, indem bei sehr kleiner Theilung die Dicke der Schaufeln nicht vernachlässigt werden darf, wie dies bei den ganzen Untersuchungen geschehen ist.

Ueber die Kesselanlagen Field'schen Systemes in den Maschinenwerkstätten der französischen Ostbahnen zu Epernay, Mahon und Montigny.

Mitgetheilt nach amtlichen Quellen

von

Ingenieur F. C. Glaser in Paris.

(Hierzu Doppeltafel 26—27.)

Die Gesellschaft der französischen Osteisenbahnen ist gegenwärtig im Besitze dreier gleichen, nach beiliegender Zeichnung construirten Kessel Field'schen Systemes. — Bei einem äußeren Durchmesser von 1,520 Meter beträgt der Diameter des aus Eisen hergestellten cylindrischen Feuerraumes 1,310 Meter. — Beide Hüllen sind an ihrem unteren Rande auf einem kranzförmigen Zwischenrahmen zusammengenietet und miteinander auf die gewöhnliche Art durch 0,200 Meter voneinander entfernte Stehbolzen verbunden. — Diese Stehbolzenverbindung ist unseres Erachtens wegen des bedeutenden Durchmessers und dann auch der hohen Pressung halber, die 6 Kilogramme Druck pro Quadratcentimeter beträgt, d. h. 6,85 Atmosphären früheren Stempels, unentbehrlich. — Die innere Höhe des Feuerraumes, d. h. von unterhalb des Rahmens bis zum Feuerhimmel, beträgt 1,870 Meter, und die Gesammthöhe des Kessels von unterhalb des Rahmens bis oberhalb des Domes 3,230 Meter.

Die den Feuerhimmel bildende Röhrenwand ist in der Mitte concentrisch ausgeschnitten und sind die Randungen zum Einsatze eines 0,560 Meter im Diameter messenden Kamins aufgebogen. — Um den Feuerhimmel aufrecht zu halten, ist das zwischen letzterem und dem Dome sich befindende Kaminstück aus 0,013 Meter starkem Bleche angefertigt. —

Concentrisch um den Kamin befinden sich vier Kränze von verticalen Röhren Field'schen Systemes. Dieselben sind außerdem durch mehrere, die Rohrwand verstärkende Bügel in 16 Sectoren eingetheilt. — Um ohne Schwierigkeiten für Untersuchung, Reinigung und even[illegible] Ersetzung 2c. beikommen zu kön[illegible]
wenigstens eine der [illegible]
Höhe haben.

Die Röhren de[illegible]

äußerem Durchmesser 1,20 Meter Länge, und da jeder Kessel mit 128 Stück solcher Röhren versehen ist, so ergiebt sich hieraus eine Feuerfläche von 26,88 Quadratmeter. Sie umschließen ein inneres bewegliches Rohr, das nach Field selbst, „stets die Hälfte des äußeren Rohres betragen, und dessen unteres Ende immer in einer, dem inneren Durchmesser des äußeren Rohres entsprechenden Entfernung von dem Boden gehalten werden soll, welches auch der angenommene Durchmesser sein mag." — Die bewegliche Röhre ist einfach durch zwei Flügelchen aufgehangen und schwimmt frei in dem großen Rohre. Dieselbe kann sehr schwach, ja sogar aus Weißblech angefertigt sein. Auf den Ostbahnen sind dieselben aus Messing hergestellt, was aber, wie gesagt, für den zu erreichenden Zweck durchaus nicht nothwendig ist. Dasselbe gilt auch von den äußeren Röhren. — Da man eine Anzahl von einer Maschine Engerth'schen Systemes herrührender messingener Röhren vorräthig hatte, so benutzte man dieselben zu diesem Zwecke. Es ist dies aber reiner Luxus und trägt nur dazu bei, den Kostenpreis zu erhöhen.

Die Epernayer und Mahoner Kessel sind in der auf der Zeichnung angegebenen Weise aufgestellt und werden durch die verloren gehenden Gase eines Schweißofens geheizt. — Vorsichtshalber hat man zwei Thüren angebracht, um nöthigenfalls einen Rost einlegen zu können. — Die dadurch verursachte Heerdhöhe — unterhalb der Röhren — (von 0,670 Meter) ist keineswegs nothwendig für Kessel, deren Feuerung immer nur speciell durch die verloren gehenden Gase statthaben soll.

Der Montignyer Kessel, dessen Heizung durch die in [illegible]
[illegible] aus Spänen und Sägemehl erzeugten Gase
[illegible] dem Field'schen Theile dieser Construction
[illegible]e eingerichtet. Um den Kostenpreis zu
[illegible] die Höhe von 0,670 auf 0,200 Meter

reducirt worden und wurde dadurch die primitive Höhe von 3,230 Meter auf 2,760 Meter herabgesetzt. Ebenso wurden die beiden Thüren, wie die vier schweren aus Schmiedeeisen hergestellten Fußträger, weggelassen. — Letztere, bei dem Epernayer und Mahoner Kessel in Anwendung, sind ziemlich kostspielig, denn sie wiegen zusammen 376 Kilogramme. — In Montigny hat man dieselben durch eine aus Ziegelsteinen hergestellte Ringmauer vortheilhaft ersetzt, auf welcher der Kessel in der auf unserer Zeichnung dargestellten Weise ruht. — Diese Aufstellung ist unter allen Umständen jeder anderen vorzuziehen. —

Der Kamin überragt senkrecht den Kesseldom um 9 bis 10 Meter. — Zu Montigny hat man indessen, um die Hütteneffe zu benutzen, den Centralkamin abgesperrt und den Röhrenbündel durch eine aus starkem Bleche hergestellte Querwand in zwei Abtheilungen eingetheilt, deren obere Randung 0,430 Meter frei und horizontal von dem Feuerhimmel entfernt ist. — Diese Querwand zwingt die Gase einerseits auf- und andererseits wieder herunterzusteigen, der zweiten Hälfte der Röhren entlang, um nachher in den Canal überzugehen. — Der Zug ist durch diese Anlage in keiner Weise gehemmt worden. — Man hätte daher eben so gut — und wäre dies jedenfalls richtiger gewesen — den Centralkamin beibehalten und ein Knieverbindungsstück oben einsetzen können. Die Wirkung des Feuers auf die Röhren wäre dann eine gleichmäßigere gewesen und die durch den Zug mitgerissene Asche und Sägemehltheilchen hätten sich somit leichter in dem Canale abgesetzt. —

Da die drei Kessel der Ostbahnen mit Ueberhitze gefeuert worden sind, so war es bisher noch nicht möglich, ihre Verdampfungsfähigkeit für den Fall festzustellen, wo sie direct durch einen Rost geheizt werden. Immerhin ist die Verdampfung eine sehr starke. Es ist indessen anzunehmen, daß bei directer Feuerung die Dampferzeugung eine noch bedeutend reichlichere sein wird. — Der Erfinder hat diese Kessel auf 30 Pferdekraft angegeben, wobei er blos die Heizfläche der Röhren, welche 26,88 Qu.-Meter beträgt, rechnet, diejenige des Feuerkastens aber, im Betrage von 8,70 Qu.-Meter, gänzlich vernachlässigt.

Zu Epernay liegt der Kessel hinter einem Schweißofen kleinerer Dimension, dessen Rost 0,7 Qu.-Meter Fläche besitzt. — Das Innere des Feuerkastens bleibt während des Betriebes in den Grenzen einer relativ niedrigen Temperatur, woraus es erklärlich wird, daß der Kessel mit entschiedenem Vortheile die Ueberhitze von zwei Schweißöfen ertragen kann; jedenfalls ist dies auch für einen bedeutend größeren Ofen der Fall, was zu versuchen wäre. — Unter den jetzigen Umständen findet eine leichte Dampfbildung statt. Der Ofen consumirt 106 Kilogramme Brennmaterial pro Stunde, Anfeuerung mit einbegriffen, und die constatirte Dampfproduction erreicht alsdann 342 Kilogr., d. h. 3,22 Kilogr. Dampf pro 1 Kilogr. Steinkohle.

Zu Mahon liegt ebenfalls der Kessel hinter einem Schweißofen, aber einem etwas größeren als demjenigen zu Epernay, dessen Rost 0,9 Qu.-Meter Heizfläche bietet. — Der Ofen wird übrigens etwas stärker betrieben und die Dampfproduction ist somit auch bedeutend höher. — Der Betrieb geht unausgesetzt Tag und Nacht fort, die Reparaturunterbrechungen abgerechnet. — Die mittlere tägliche (24 Stunden) Consumtion dieses Ofens beträgt 3100 Kilogramme und die in derselben Zeit angepumpte Wasserquantität 21,00 Cubikmeter. — Nach dieser Rechnung würde der Kessel 6,770 Kilogr. Dampf und mitgerissenes Wasser pro 1 Kilogramm Brennstoff, und 24,59 Kilogr. Dampf pro Quadratmeter Heizfläche liefern, wenn man die Heizfläche des Feuerkastens mit in Berücksichtigung zieht, oder besser 32,55 Kilogramme, falls man von letzterer abstrahirt und nur die Röhrenfläche berücksichtigt.

Obgleich aber dieser Kessel stärker als der Epernayer betrieben wird, so glauben wir dennoch, daß er im Stände wäre, die Abhitze eines Ofens von noch bedeutend stärkeren Dimensionen zu ertragen und somit noch mehr Dämpfe zu entwickeln, als gegenwärtig.

Der Kessel von Mahon beweist somit, daß die dortige, schon wesentlich stärkere Dampfentwickelung noch weiter getrieben werden könnte, was die Behauptung des Erfinders rechtfertigt. — Der Grund für die hohe Dampfproduction liegt offenbar in der enormen Circulation des Wassers längs der Heizflächen, welche durch sehr schwache Blechwände gebildet sind und, von allen kalkartigen Absonderungen frei bleibend, die vollständige Leitungsfähigkeit beibehalten.

Zu Montigny bekommt der Kessel die Feuerung durch einen unterirdischen Canal und ist der mit Sägemehl und Spänen gespeiste Ofen von dem Kesselofel vollständig isolirt.

Die Inbetriebsetzung des letzterwähnten Generators ist noch von neuerem Datum, indessen kann schon jetzt behauptet werden, daß sein Verhalten wie seine Production wenigstens ebenso befriedigend sein wird, als diejenige seiner beiden Vorgänger.

Bei der ersten Inbetriebsetzung, mit kaltem Ofen und kaltem Kessel, wurde nach Verlaufe von 25 Minuten die normale Pressung erreicht, obgleich dabei Sägemehl als Brennstoff verwendet wurde. — Bei der täglichen Wiederingangsetzung beginnt des Morgens die Anfeuerung des Kessels blos 5 Minuten vor der Stunde der Arbeit.

Bei den drei Anlagen der Ostbahnen wurden die Field'schen Kessel mit den anderen gewöhnlichen, sich schon im Betriebe befindenden Kesseln in Verbindung gesetzt, so daß sie Dämpfe zum Gange aller Dampfhämmer und zu Mahon und Montigny selbst zum Betriebe der Werkstattsmotoren beitragen. Es ist uns daher hier, wie bezüglich

des Betriebes mit einem besonderen Roste nicht möglich, anzugeben, welches die effective Leistung eines solchen Kessels ist, weil keiner von ihnen allein functionirt hat. — Was aber bestimmt und unbestreitbar für uns feststeht, ist die Ueberzeugung, daß sie kräftige und unersetzliche Hilfsapparate geworden sind. —

„Der Effect eines solchen Kessels ist beträchtlich," sagt Herr Ingenieur Dietz, Director der Montignyer Werkstätten, „und gestattet in Verbindung mit anderen Kesseln einen beständigen und leichten Betrieb, welcher ohne Mühe in den besten Bedingungen erhalten werden kann."

Der Kessel zu Epernay ist Ende April 1868 in Gang gebracht worden und hat seit dieser Epoche, d. h. seit fünfzehn Monaten ohne Unterbrechung gearbeitet. — Öfters wurde der Kessel aufgemacht, um den Stand der Röhren zu untersuchen, dieselben wurden aber immer rein und ohne Kesselsteinabsatz, fast blank vorgefunden. — Es liegt dies an der Heftigkeit, mit welcher das Wasser die Röhren durchströmt, und welche so groß ist, daß die Strömung selbst Bleikörner auswirft. Hierdurch werden die Unreinigkeiten und schwimmenden Theilchen aufwärts und abwärts gerissen und finden nirgends Ruhe, als in den Seitentheilen des Kastens, von wo sie alsdann in Schlammform mit der größten Bequemlichkeit, vermittelst Hahnen und Pfropfen, abgelassen werden können, wenn der Kessel noch etwas in Spannung steht.

Dieselben Resultate wurden auch in Mahon, wo der Kessel etwas später, d. h. erst gegen Ende 1868 aufgestellt wurde, erzielt. —

Die Montignyer Anlage ist, wie schon oben bemerkt, neueren Datums, so daß über dieselbe noch nichts weiter zu berichten ist. — Weder in Epernay, noch in Mahon ist bisher an die Erneuerung der Röhren gedacht worden, und ist auch kein Grund vorhanden, eine derartige Nothwendigkeit sobald zu erwarten. —

Wir wollen hier noch zwei vorgekommene Unfälle erwähnen, den einen an dem Kessel zu Mahon, den andern an demjenigen zu Epernay; denn obwohl sie den Werth des Systemes in keiner Weise beeinträchtigen können, so glauben wir doch — um Andere aus unseren Erfahrungen Nutzen ziehen zu lassen — dieselben nicht mit Stillschweigen übergehen zu sollen. Zu Mahon wurde am ersten Tage des Betriebes der Kopf einer der Röhren verbrannt; der Gang wurde hierdurch unterbrochen und es fand sich bei der Untersuchung, daß auf dem Boden ein Knäuel Lumpen befindlich war, die beim Ausputzen hereingefallen sein mochten. — Die Ersetzung der Röhre durch eine neue hat sofort und mit der größten Leichtigkeit stattgefunden. — Außer diesem kam ein anderer Fall einer Röhrenverbrennung zu Epernay vor. Bei der Untersuchung fand sich, daß das Mundstück eines Rohres durch allerlei Unrath und kalkartigen Absatz, der von dem diesem Rohre nahe liegenden Mundstücke der Dampfstrahlpumpe herrührte, verstopft war. — Dann hat natürlich sofort der Injectionspunkt höher getragen. —

Der in der Mitte des Kessels sich befindende Obturator hatte anfänglich einige Zweifel über seine Dauer eingeflößt, doch haben bisher diese Stücke auch nicht im geringsten gelitten. — Bei directer Rostfeuerung möchte es indessen zweckmäßig sein, den Obturator theils aus Eisen, theils aus feuerfesten Steinen herzustellen.

Das Gewicht des zuerst construirten Kessels, d. h. des Epernayer, beträgt, den Kamin nicht inbegriffen, 5840 Kilogramme einschließlich allem Zubehör an Armatur, und kostet derselbe 7500 Francs. — Für künftige Construction könnte man das 376 Kilogr. betragende Gewicht der vier dicken eisernen Füße, welche nicht nachahmenswerth sind, abrechnen, somit blieben 5464 Kilogr. Gewicht und der Preis wäre um 250 bis 300 Francs, oder auf 7250 Frcs. zu vermindern, die Patentprämie nicht eingerechnet. — Der ganz gleiche Kessel von Mahon wiegt 6250 Kilogr., Kamin eingerechnet, was zu 1,152 Frc. pro Kilogr. 7511 Frcs. 65 Cent. beträgt. Von dieser Summe sind 250 Frcs. für die auch an diesem Kessel angebrachten Füße, 340 Francs für den aus $5^1/_2$ Millim. starkem Eisenbleche angefertigten, 9,5 Meter langen und, beiläufig 680 Kilogr. schweren Schornstein (zu 50 Frcs. die 100 Kilogr.) abzuziehen; es bleiben somit 6921 Frcs. für den Preis des Kessels übrig.

Der Montignyer Kessel endlich, welcher in seinem unteren Theil verkleinert und ohne Füße und Kamin ist, wiegt 4827 Kilogr., was zu 1,328 Frc. pro Kilogr. 6410 Frcs. 44 Cent. beträgt.

Die aus Messing ausgeführte Garnitur Röhren wiegt 728 Kilogr., nämlich die großen 562 Kilogr. und die kleinen 166 Kilogr., und kostet zu 3 Frcs. berechnet 2184 Francs. Dieselbe Garnitur aus Eisen wiegt ungefähr 672 Kilogr. und kommt, zu 1 Frc. berechnet, an 672 Frcs. — Hieraus ist abzunehmen, welche Ersparnisse sich durch Anwendung eiserner Röhren bezüglich des Herstellungspreises realisiren lassen.

Die Speisung der drei Kessel der Ostbahnen wird vermittelst dreier Dampfstrahlpumpen, System Giffard, welche an den Seiten der Kessel aufgeschraubt sind, bewirkt.

Diese Generatoren sind transportabel und lassen sich in einen 3 Qu.-Meter messenden Raum einsetzen, wenn zwischen den Wänden und der Mauerung 0,75 Meter Zwischenraum für freien Umgang gelassen wird. In der Ecke einer Werkstatt aufgestellt, ist der benu[illegible] geringer.

Was den Raumbedarf anbelangt, so ist der Vergleich mit einem entsprechenden gewöhnlichen horizontalen Kessel, in seinem aus Ziegelsteinen hergestellten Ofen und mit seinem Kamin, für das Field'sche System in jeder Beziehung vortheilhaft, denn nie hat noch ein Subüberkessel bei gleich starker Dampfproduction einen so beschränkten Raum in Anspruch genommen.

Versuche über die Verbrennung der Steinkohle.

Von

A. Scheurer-Kestner und Charles Meunier, Civilingenieure in Mülhausen.

(Hierzu Doppeltafel 28—29.)

Dritter Abschnitt.

Praktische Versuche über den Heizeffect bei Dampfkesseln. — Untersuchungen über Wärmeverluste. — Folgerungen.

Im ersten und zweiten Theile dieser Untersuchungen wurde die Verbrennung der Kohle sowohl vom chemischen, als physikalischen Standpunkte aus beleuchtet, sowie einerseits die Zusammensetzung der Verbrennungsgase und andererseits die bei vollkommener Verbrennung der Steinkohle entwickelte Wärmemenge ermittelt. Im Nachstehenden haben wir zunächst Versuche über den praktischen Heizeffect mitzutheilen, welche an einem ununterbrochen arbeitenden Kessel angestellt worden sind, der nach der im Elsaß seit den Versuchen von Marozeau und Burnat eingeführten Construction eingerichtet ist und sich im besten Zustande befand.

Der Versuchskessel ist mit drei Siederöhren und sechs neben dem Kessel liegenden Vorwärmeröhren versehen, welche letztere eigentlich durch den abziehenden Rauch von zwei Kesseln geheizt werden sollen, von denen aber blos der links liegende benutzt wurde. Die Hauptdimensionen dieser auf Tafel 28—29 dargestellten Kessel sind folgende:

Länge der Kessel	6,6	Meter,
„ des vorderen Ansatzes	0,6	„
Durchmesser des Kessels	1,2	„
„ des vorderen Ansatzes	0,6	„
Länge der Siederohre	7,87	„
„ über dem Feuer	7,00	„
Durchmesser der Siederohre	0,5	„
Länge der Vorwärmerohre	7,87	„
Durchmesser „ „	0,5	„
Heizfläche der Siederohre	28,0	Qu.-Met.,
„ des Kessels	12,0	„
Heizfläche zusammen	40,0	Qu.-Met.,
„ der Vorwärmer	71,0	„
„ im Ganzen	111,0	„
Verhältniß zwischen der Heizfläche der Vorwärmer und der des Kessels	1,78 : 1,	
Directe Heizfläche über dem Feuer	3,0	Qu.-Met.,
Verhältniß der ganzen zur directen Heizfläche	13,38 : 1,	
Länge des Rostes	1,4	Meter,
Breite „ „	1,365	„
Rostfläche	1,61	Qu.-Met.,
Verhältniß der Kesselheizfläche zur Rostfläche	20,94 : 1,	
„ der gesammten „ „ „	58,11 : 1,	
Totaler Fassungsraum des Kessels	12,0	Cub.-Met.,
„ „ der Vorwärmer	9,0	„
Inhalt des Wasserraumes im Kessel	9,5	„
„ „ Dampfraumes „ „	2,5	„
„ „ Wasserraumes d. Vorwärmer	9,0	„
Heizfläche pro Cubikmeter Wasserinhalt ohne Vorwärmer	4,2	Qu.-Met.,
mit „	6,0	„
Abstand der Roststäbe vom mittleren Sieder vorn	0,59	Meter,
hinten	0,485	„

Die Feuergase ziehen zunächst unter den Siedern hinter, dann im linken Zuge nach vorn, im rechten wieder nach hinten und hierauf durch die drei Etagen der Vorwärmer, ehe sie in die Esse austreten, so daß sie 6 mal die Richtung ihrer Bewegung ändern müssen. Die Vorwärmer können durch Register abgestellt werden.

Als Manometer diente bei den Versuchen das in Fig. 5, Taf. 28—29 dargestellte offene Quecksilbermanometer mit zwei

Röhren zur Angabe des Standes, welche unmittelbar die Höhe des auf der Kesselseite sich bildenden Condensationswassers und den Stand der mit der atmosphärischen Luft communicirenden Quecksilbersäule erkennen ließen.

Außerdem war (vergl. Fig. 3) ein bis in die halbe Tiefe des Kesselwassers eintauchendes, unten geschlossenes Rohr aus gezogenem Eisen angebracht, welches mit Paraffin gefüllt wurde und ein Maximalthermometer aufnahm, durch welches zur Controle des Manometers die Temperatur des Wassers oder Dampfes untersucht werden konnte.

Zur Bestimmung der Luftmenge bedienten wir uns der bereits beschriebenen Methode der Gasanalyse, indem hinter dem Kessel zwei Gasometer von 50 Liter Inhalt aufgestellt waren, welche abwechselnd die Gase aufsaugten, wozu 30 bis 35 Minuten Zeit pro Gasometer erforderlich waren. Der Inspector der Gesellschaft nahm von jedem Gasometer, welches er analysirt hatte, eine Probe und untersuchte am Schlusse des Tages diese mittlere Probe der Verbrennungsproducte. Neben den Gasometern stand ein kleiner Tisch mit einer Wanne zur Ausführung der verschiedenen Manipulationen und zum Messen der Volumina der zu analysirenden Gase, sowie des Stickstoff-Bioxydes dienten zwei in Cubikcentimeter getheilte Büretten.

Zur Bestimmung der Temperatur des Rauches diente eine schon seit mehreren Jahren von uns angewendete Methode, deren Wichtigkeit des Weiteren einleuchten wird. Der Apparat besteht (Fig. 8) aus einer unten geschlossenen und mit Paraffin gefüllten schmiedeeisernen Röhre, welche ganz in den Schornsteincanal hinter den Vorwärmern eintaucht und oben zur Verminderung von Ausstrahlungsverlusten mit einem gußeisernen Deckel versehen ist.

Das Speisewasser wurde aus einem großen parallelepipedischen Reservoir aus Blech entnommen, dessen Wasserinhalt durch eine eingetheilte Scala und ein Wasserstandsglas jederzeit nachgesehen werden konnte. Ueberdies wurde auch die Spielzahl der Speisepumpe durch einen Garnier'schen Spielzähler notirt.

Die Temperatur des Speisewassers wurde an einem im Reservoir befestigten Thermometer täglich dreimal abgelesen.

Für die Beobachtung der Temperatur des aus den Vorwärmern austretenden Wassers war am Verbindungsrohre zwischen dem letzten Vorwärmerohre und dem Kessel ein gekrümmtes Hahnrohr R (Fig. 3), aus welchem man beim Speisen Wasser auf ein Maximalthermometer ablaufen lassen konnte, und an den Vorwärmerohren Hähne r, r', r'' (Fig. 4) angebracht, um die Temperatur des Wassers in diesen Rohren untersuchen zu können.

Obgleich der Versuchskessel unausgesetzt Tag und Nacht in Gang war, so wurden die unter Leitung des Inspectors der Elsässer Dampfkesselgesellschaft stehenden Versuche nur am Tage vorgenommen, doch wurde auch des Nachts mit denselben Kohlen gefeuert und das erzielte Resultat notirt, indem des Morgens die Menge der verbrannten Kohlen und des verdampften Wassers abgenommen wurde.

Die zu den Heizversuchen bestimmten Kohlen wurden sogleich nach der Anfuhr zum Schutze gegen Regen unter einen Schuppen gebracht, dann wurden ca. 20000 Kilogr. von jeder Sorte abgewogen und auf einem Raume von 100 Qu.-Meter Fläche ausgebreitet. Wenn der Heizversuch beginnen sollte, so wurde nach der im 2. Abschnitte beschriebenen Methode eine Probe von ca. 100 Kilogr. Gewicht weggenommen, unter stehenden Steinen zerkleinert und abermals ausgebreitet, damit hiervon wieder eine Durchschnittsprobe abgelesen werden konnte, welche zur Analyse, sowie zur calorimetrischen Probe Verwendung fand. Der erste große Haufe wurde in Carrés von 1 Meter Seitenlänge getheilt, von jedem Carré eine Schaufel Kohle abgenommen und diese, etwa 100 Kilogr. schwere, Quantität weiter zerkleinert. Hieraus bildete man ein Quadrat von 1 Meter Seitenlänge, theilte es durch Diagonalen in 4 Dreiecke, legte hiervon zwei sich mit den Spitzen berührende Dreiecksflächen apart, und verfuhr mit diesen in gleicher Weise weiter, bis die Quantität bis auf 1 Kilogr. reducirt war. Diese Menge wurde schlüßlich in 80 bis 100 kleine Carrés getheilt und von jedem derselben ein Pröbchen abgehoben, was in die Flasche kam. Wurde nun hiervon etwas zu einer Probe gebraucht, so wurde der gesammte Inhalt der Flasche auf einen Bogen Papier geschüttet, gleichförmig ausgebreitet, in kleine Quadrate eingetheilt und mittelst wiederholter Theilungen wie vorher Probe genommen.

Zur Verwendung unter dem Kessel wurde die Kohlenmenge in Posten von 1000 Kilogr. abgetheilt, welche dann im Local selbst wieder in Posten von 100 Kilogr. abgewogen wurden, was zugleich zur Controle diente. Die hierbei verwendete Balkenwaage gab bei 100 Kilogr. noch sehr gut 250 Gramme an.

Schlacken und Asche wurden in großen Mengen auf einmal, nicht täglich, gewogen. Da die Versuche durchschnittlich 8 Tage mit jeder Kohlensorte dauerten, so gab dieses Verfahren den mittleren Durchschnitt für 10 bis 20000 Kil. Kohle und es scheint uns um so weniger etwas Erhebliches dagegen einzuwenden zu sein, als die Rückstände stets nur sehr wenig brennbare Theile aufwiesen. Wenn zwischen der Verbrennung bei Tag und bei Nacht Verschiedenheiten existirten, so konnte dies die Resultate weit weniger alteriren, als dies der Fall gewesen sein dürfte, wenn die Aschen täglich abgenommen und also die Ergebnisse einer einzelnen Nacht mit denen eines einzelnen Tages vermengt m[illegible]en; überdies würde die Masse der auszufüh[illegible]ht zu bewältigen gewesen sein.

Waren die Versuche mit einer Kohlensorte beendigt, so wurden die Verbrennungsrückstände ausgebreitet und davon eine Probe von 50 bis 60 Kilogr. Gewicht abgestochen, diese sofort weiter zerkleinert und davon nach dem oben beschriebenen Verfahren eine Probe von 200 Grammen entnommen, welche dann zur Bestimmung des Gehaltes an Wasser und brennbaren Theilen verwendet wurde.

In den Oefen wurde in Quantitäten von 9 Kilogrammen (drei Schaufeln) auf einmal eingetragen und zwar die erste und zweite Schaufel an den Seiten, die dritte in der Mitte des Rostes aufgegeben.

Das Speisewasserbassin war nach dem Gewichte geaicht, so daß sich die Angaben auf Kilogramme beziehen, und da die Temperatur des Speisewassers während der Versuche nur wenig varirt hat (von 12 auf 19°), so können bezüglich der in den Kessel eingepumpten Wassermengen größere Irrungen als um Tausendtheile nicht stattfinden. Jede Theilung des Wasserstandsglases am Reservoir entsprach 12,5 Kilogr. Alle Abende wurde beim Schluß der Versuche das Niveau des Kesselwassers auf denselben Punkt gebracht, wie zu Anfange, wobei aber sehr schonend gespeist wurde, um die Spannung im Kessel nicht herunterzuziehen. Die Schwankungen im Wasserstandsglase betrugen nicht über 3 bis 4 Millimeter und da eine Veränderung des Wasserstandes im Kessel von 1 Millimeter nur 9 Litern entspricht, so brauchte auf den Einfluß dieser Schwankungen nicht zuviel Werth gelegt zu werden.

Uebrigens wurde der Temperatur des Speisewassers insoweit Rechnung getragen, daß es unter Annahme eines constanten specifischen Gewichtes auf 0° reducirt wurde; die vollständige Regnault'sche Formel

$$q = t + 0{,}00002\,t^2 + 0{,}0000003\,t^3$$

braucht bei derartigen Rechnungen nicht angewendet zu werden.

Bezüglich der in 1 Kilogr. Dampf von der Temperatur t enthaltenen Wärmemenge weiß man, daß sie gleich ist

$$606{,}5 + 0{,}305\,t \text{ Calorieen,}$$

und wenn die mittlere Temperatur der Dämpfe 150° beträgt, so enthält 1 Kilogramm Dampf 652,25 Calorieen. Besaß aber das Speisewasser 20°, so entspricht die verdampfte Wassermenge q auf Null Grad reducirt

$$q \cdot \frac{652{,}25 - 20}{652{,}25} \text{ Kilogr. Wasser.}$$

Behufs des Aichens wurde das Reservoir mit kaltem Wasser gefüllt und das Niveau durch Einspielen an einer Spitze bestimmt. Hierauf ließ man mittelst eines Hahnes am Reservoir 500 Kilogr. Wasser ablaufen, indem man dasselbe in einem auf einer Waage stehenden Gefäße auffing, und notirte den entsprechenden Punkt im Wasserstandsrohre. Das Reservoir faßte 6500 Liter, man erhielt also 13 Theilstriche und die Genauigkeit dieser Theilung berechnet sich auf 3 Tausendstel.

Zur Controle dienen noch die von André Köchlin u. Comp. gelieferten Pumpen mit Spielzähler, welche nach fünfjährigen Erfahrungen unter geschickter Handhabung eine sehr gleichförmige Speisung bewirken. Man darf nur die Temperatur des Speisewassers nicht über 28° steigen und die Pumpe nicht saugen lassen. Eine Pumpe, welche bei 28° Temperatur 1820 Cubikcentimeter lieferte, gab bei 43° Wassertemperatur nur noch 1674 Cubikcentimeter, bei gehöriger Beobachtung der obigen Umstände beträgt aber die Schwankung in der Lieferung nur einige Tausendtheile, sie fiel z. B. in der Periode vom 11. Mai bis 30. September von 1,794 auf 1,773 Liter und stieg nach Erneuerung der Schalen an der Lenkerstange des Plungers im October wieder auf 1,794 Liter, während die theoretische Leistung 1,8 Liter sein würde.

Indessen muß man auf die Construction des Ventiles besondere Aufmerksamkeit verwenden, die Ecken müssen sorgfältig weggenommen und die Kanten abgerundet werden, um Klemmen zu verhüten. Gut gehende Pumpen müssen einen ganz ruhigen Gang zeigen.

Daß die Speisepumpen mit Spielzähler für heißes Wasser nicht anwendbar sind, verursacht wenig Schaden, denn die Temperatur der Condensationswasser beträgt nicht über 40° und es werden also höchstens 3 bis 4 Procent Wärme verloren, während die Verluste bei mangelhaft geleiteter Feuerung sich viel höher belaufen. Die Leichtigkeit der Controle, welche durch diese Pumpe erzielt wird, ist daher viel höher zu schätzen.

Bei unseren Versuchen wurde die Temperatur des Speisewassers im Reservoir täglich mehrere Male beobachtet.

Die Spannung im Kessel wurde möglichst constant erhalten und stündlich beobachtet, wobei niemals größere Schwankungen als von 1/4 Atmosphäre auf 4,75 gefunden wurden. Um dieselbe zu messen, bedienten wir uns des oben beschriebenen Manometers, durch welches die Fehler, welche durch Drehung des Schwimmerfadens und Hängenbleiben des Quecksilbers am Schwimmer herbeigeführt werden können, vermieden werden und die Beachtung des in dem Druckschenkel angesammelten Condensationswassers ermöglicht wird. Zur Erleichterung der Beobachtung brachten wir noch eine specielle Scala an, welche auf dem unteren Quecksilberniveau stand und das unmittelbare Ablesen der von der Quecksilbersäule abzuziehenden Wassersäule, sowie der Höhe der Quecksilbersäule gestattete. Die Quecksilbermenge wurde dabei so bemessen, daß das Quecksilber zugleich das untere Ende der unteren Scala und das obere Ende der oberen Scala berührte, zwei Punkte, deren Abstand 3,406 Meter beträgt und dem bei den Versuchen niemals überschrittenen Drucke von 5,2 Atmosphären entspricht.

Da die beiden Röhren neben diesen Scalen calibrirt waren, so entsprach dem Steigen des Quecksilbers über dem unteren Nullpunkte ein eben so großes Fallen am obern Endpunkte und die Abnahme der Quecksilbersäule war doppelt so groß, als das Steigen unten.

Was die Wassersäule in dem mit dem Kessel correspondirenden Schenkel anlangt, so ist ihre Länge gleich dem Abstande zwischen dem unteren Quecksilberspiegel und dem höchsten Punkte des bezeichneten Rohrschenkels. Eine doppelte Scala hinter diesem Rohrschenkel ließ also diese Höhe und die Länge der Quecksilbersäule ablesen. Als das Manometer graduirt war, prüften wir seine Angaben durch gleichzeitige Beobachtung der Temperatur des Dampfes, zu welchem Zwecke wir im Speiserohre des Kessels ein mit Paraffin gefülltes, bis in den Wasserraum hinabreichendes Rohr angebracht hatten, in welches ein genaues Maximumthermometer versenkt wurde. Hierbei wurden nicht immer übereinstimmende Resultate erzielt, was aber durch die Strömungen in dem Speiserohre erklärt wird, so daß wir später auf die Temperaturbeobachtungen keinen Werth gelegt haben.

Es wurde übrigens alle Stunden am Manometer die Quecksilber- und die Wassersäule abgelesen und aus diesen Ablesungen jeden Abend das Mittel genommen. Betrug dieses beispielsweise

für die Wassersäule 2,91 Meter,
„ „ Quecksilbersäule 0,30 „

so berechnet sich die absolute Spannung des Dampfes, da der Abstand der beiden Scalenpunkte 3,406 Meter und der mittlere Barometerstand für Thann 0,72 Meter betrug, auf:

$$3{,}406 + 0{,}720 - 0{,}30 - \frac{2{,}91}{13{,}596} = 3{,}612 \text{ Meter}$$
$$= 4{,}75 \text{ Atmosphären.}$$

Auf die Ausdehnung der Quecksilbersäule glaubten wir bei diesen Versuchen weiter nicht Rücksicht nehmen zu müssen.

Das Speisewasser war von sehr guter Beschaffenheit, indem darin nur 60 bis 100 Milligramme erdige Bestandtheile pro Liter enthalten waren. Der Rückstand der Abdampfung bestand aus Kalksalzen in geringer Menge (Carbonate und Sulfat), Kieselerde, Silicaten und Eisenoxydul. Wird dieses Wasser abgedampft, so bleibt ein Theil obiger Substanzen in der Lösung, ein anderer Theil wird in dem Maaße, wie die Concentration fortschreitet, niedergeschlagen. Die Erfahrung lehrt, daß die Kessel ungefähr alle Vierteljahre einmal abgelassen und gereinigt werden müssen, wir haben dies indessen öfter gethan und auch die Vorwärmer nach Beendigung jeder Versuchsreihe vom Ruße gereinigt.

Was die verlorengehende Wärme bei dem Versuchskessel anlangt, so besteht dieselbe

1. aus derjenigen Wärmemenge, welche durch die Verdampfung des hygroskopischen Wassers der Kohle und des Wasserstoffes absorbirt wird,
2. aus derjenigen, welche in den gebildeten brennbaren Gasen entweicht,
3. aus der durch die Rußbildung verloren gehenden Wärme,
4. aus der Wärme, welche den in der Asche verbleibenden unverbrannten Kohlentheilen entspricht,
5. aus der mit den vom Roste abgeräumten glühenden Schlacken und Aschentheilen entfernten Wärmemenge,
6. aus der in den Verbrennungsgasen entweichenden Wärme,
7. aus der verloren gehenden strahlenden Wärme.

Ueber den erstgenannten Verlust sagt Herr Vicaire im Bull. de la Société de l'Indust. minérale, tome XIII, p. 663 Folgendes:

„Wenn ein Brennmaterial Wasser ausgiebt, so müssen von dem Heizvermögen so viel Calorieen abgezogen werden, als das Gewicht des Wassers multiplicirt mit 589 beträgt. Zumeist condensirt sich das Wasser nicht unter dem atmosphärischen Drucke, sondern unter einem geringeren, z. B. wenn es mit anderen Gasen gemischt ist, wie bei der Bestimmung des Heizeffectes der Kohlenwasserstoffe oder bei der Verbrennung in atmosphärischer Luft, nicht in Sauerstoff. Die Correction würde dann etwas größer ausfallen, aber nur so unbedeutend höher, daß sie neben den anderen Fehlerquellen vernachlässigt werden kann."

Nimmt man nun an, daß das hygroskopische Wasser eine Temperatur von 15° besitzt, so wird es bei der Verwandlung in Dampf von 100° eine Wärmemenge von 627 Calorieen pro Kilogramm absorbiren.

Ist ferner die mittlere Temperatur der Gase beim Austritte aus den Vorwärmern 150°, so ist der Dampf noch von 100 auf 150° zu erwärmen, und da nach Regnault die specifische Wärme der Dämpfe 0,475 ist, so absorbirt 1 Kilogramm Dampf hierbei noch

$$0{,}475 \,.\, 50 = 23{,}75 \text{ Calorieen.}$$

Besteht z. B. eine Steinkohle aus:

Hygroskopisches Wasser	15	Gramme,
Kohlenstoff	730	„
Wasserstoff	45	„
Sauerstoff und Stickstoff	50	„
Aschenbestandtheile	160	„
	1000	Gramme,

so producirt der Wasserstoff beim Verbrennen 405 Gramme Wasser, so daß überhaupt 420 Gramme Wasser in Dampf zu verwandeln sind. Hierzu sind erforderlich bei 15° Temperatur

$$622 \,.\, 0{,}42 = 261{,}24 \text{ Calorieen,}$$

und bei der Steigerung der Temperatur auf 150°

$$0{,}42 \cdot 0{,}475 \cdot 50 = 9{,}97 \text{ Calorieen},$$

also zusammen 271 Calorieen, und wenn die Verbrennungswärme dieser Kohle 7700 Calorieen beträgt, so entspricht dieser Verlust 3,5 Procent des Heizvermögens.

Was den zweiten Verlust anlangt, so konnten wir ihn wegen der Weitläufigkeit der dazu erforderlichen Analysen nicht täglich ermitteln, da wir aber im 1. Theile dieser Abhandlung die Bedeutung der Entwickelung brennbarer Gase bei verschieden starker Luftzuführung ermittelt, und da wir während der ganzen Dauer unserer Versuche die durch den Rost angesogenen Luftmengen gemessen haben, so läßt sich dieser Verlust für die vorliegenden Versuche mit großer Annäherung berechnen. Wir fanden nämlich, daß die Steinkohle von Ronchamp bei Zuführung von 10 bis 12 Cubikmetern Luft pro Kilogramm Steinkohle mit 15 bis 20 Proc. Asche eine Menge brennbarer Gase giebt, welche 5 Procent des Kohlenstoffes der Steinkohle entspricht, die Saarbrückner Steinkohle aber bei dieser Luftmenge zwar einen noch etwas höheren Verlust erfährt, bei 12 bis 14 Cubikmeter Luftzutritt jedoch nicht mehr brennbare Gase giebt als die Kohle von Ronchamp, und weniger Wasserstoff verliert, was sich Beides ungefähr compensirt.

Wir haben daher nach unseren Versuchen folgende Tabelle über die verschiedenen Luftmengen entsprechenden Verluste berechnet, wobei wir allen Kohlenstoff als Kohlenoxyd, allen Wasserstoff als freien Wasserstoff in Rechnung gezogen haben, da wir hierdurch keine erhebliche Unrichtigkeit zu begehen fürchten.

Luftquantum pro Kilogramm reine Kohle (nach Abzug der Schlacken).	Kohlenstoff in den brennbaren Gasen in Procenten des Kohlenstoffes der Steinkohle.	Wärmemenge, welche dem Kohlenstoffe der brennbaren Gase entspricht, in Proc. der dem Kohlenstoffe der Steinkohle entsprechenden Wärmemenge.	Wasserstoff der brennbaren Gase in Proc. des Wasserstoffgehaltes der Steinkohle.	Wärmemenge, welche dem Wasserstoffe der brennbaren Gase entspricht, in Proc. der von dem Wasserstoffe der Steinkohle entwickelten Wärme.
9	18	12,4	20	20
10	12	8,3	18	18
12	8	5,5	15	15
13	6	4,1	10	10
14	3	2,0	7	7

Außer diesem Verluste ist des Verlustes durch den Ruß Rechnung zu tragen, welcher nach den hierüber angestellten Versuchen (siehe 1. Abschnitt) unter den ungünstigsten Verhältnissen nur 2 Procent von dem Kohlenstoffe der Steinkohle, und bei sehr beträchtlicher Luftzuführung nur $^1/_2$ Procent dieses Kohlenstoffes beträgt. Wir können daher hierfür 1 Proc. bei 10 bis 12 Cubikmeter Luft und 0,5 Proc. bei beträchtlicheren Luftmengen setzen.

Zur Ermittelung des Verlustes durch die in den Rückständen verbleibenden unverbrannten Kohlentheile haben wir diese Rückstände nicht aussieben lassen, was nur unsichere Resultate giebt, sondern es ist nach Beendigung jeder Versuchsreihe die ganze Masse der Schlacken und Asche, ebenso wie die angelieferte Kohle behandelt worden, um eine Durchschnittsprobe zu erlangen, und diese Probe ist dann getrocknet und calcinirt worden, um den Wassergehalt und die Menge der darin gebliebenen Kohle zu bestimmen. Von mehreren Aschenproben von Ronchamper Kohle sind vollständige Analysen gemacht worden, deren Resultate nachstehende Tabelle enthält.

	1	2	3	4.
Kohlenstoff	9,20	12,65	6,73	8,92
Wasserstoff	0,37	0,29	0,21	0,27
Feste Stoffe . . .	89,95	86,50	92,64	90,42
	99,52	99,44	99,58	99,61

Die Aschenproben waren vorher bei 110° getrocknet. Man ersieht aus diesen Analysen, daß der Kohlenstoffgehalt der Asche bis auf 7 Procent fallen kann, durchschnittlich aber bei der sorgfältigsten Feuerung 8 bis 12 Procent beträgt. Der Wasserstoffgehalt ist etwa $^1/_{25}$ so groß, bei unseren Rechnungen werden wir aber annehmen, daß 100 Theile des in den Rückständen enthaltenen Kohlenstoffes 3 Theilen Wasserstoff entsprechen, da der ca. $^1/_2$ Procent betragende Verlust bei den Analysen darauf hindeutet, daß das Wasser bei 110° noch nicht völlig ausgetrieben gewesen ist.

Bei dieser Gelegenheit glauben wir auf die Wichtigkeit

von Aschenproben für technische Feuerungen hinweisen zu müssen. Man kann aus der Beschaffenheit der Rückstände bei einiger Uebung sehr wohl auf die Führung der Feuerung schließen. In der Kestner'schen Fabrik wird die Asche wöchentlich einmal einer Calcinationsprobe unterworfen und am Ende des Monats das Mittel berechnet. Hierbei fand man ein Mal (am 27. Juni 1867) bei einem in der oben beschriebenen Weise behandelten Haufen Asche von 2000 Kilogr., daß die Rückstände 37,6 Procent brennbare Bestandtheile enthielten. Sicher werden sehr oft Rückstände mit 20 Procent Kohlenstoffgehalt über die Halde gestürzt.

Was den Wärmeverlust anlangt, den der Ofen durch das Ausziehen der heißen Schlacken beim Reinigen des Rostes und durch die durch den Rost fallende Asche erleidet, so haben wir ihn direct zu bestimmen versucht, indem wir vor die Feuerthür ein Gefäß mit 400 Kilogr. Wasser stellten, die Schlacken dort hineinwarfen und die Erhöhung der Temperatur beobachteten. Letztere betrug 16° und, da das Gewicht des Wassers sammt Schlacken 459,5 Kilogr. betrug, so hat jedes Kilogramm Schlacke 107,5 Calorieen abgegeben. Vergleicht man diesen Verlust mit der von den Kohlen erzeugten Wärmemenge, so ist er nur sehr unbedeutend, da er selbst bei der Ronchamper Steinkohle mit 20 Procent Aschengehalt blos 1/2 Procent beträgt. Man kann somit diesen Verlust vernachlässigen.

Somit sind nur noch die Verluste unter 6 und 7 zu besprechen, wovon Letzterer nicht direct, sondern lediglich durch die Differenz bestimmt werden kann.

Zur Messung der Temperatur der Gase beim Austritte aus den Vorwärmeofen diente ein Thermometer, welches in ein mit Oel gefülltes und in den Schornsteincanal eingehängtes Rohr hinabgelassen wurde, wobei aber gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beobachten sind. Das Thermometer muß nämlich sammt Röhre tief in den Canal eingesenkt und jede Ausstrahlung vermieden werden. Bei der ersten Aufstellung des Thermometers nach Fig. 6 auf Taf. 28—29 erhielten wir stets eine merklich geringere Temperatur, als mit dem Calorimeter (einem kupfernen Cylinder von 2 Liter Inhalt, eingehüllt in einen mit Flanell umwickelten Holzpfropfen). Diese Differenz wurde bei der Aufstellung nach Fig. 7 geringer, war aber immer noch erheblich genug, so daß die Bedeckung der Gußeisenplatte mit Gyps und Ziegelbrocken versucht wurde (Fig. 8), welche dann eine befriedigende Uebereinstimmung bewirkte.

Wenn es aber auch unter Beobachtung der beschriebenen Vorsichtsmaßregeln gelingt, die Temperatur der Verbrennungsgase in jedem Moment abnehmen zu können, so ist es doch nicht immer möglich, ein festes Thermometer mit directer Ablesung anzuwenden, und in solchen Fällen haben wir uns mit Vortheil des Welferdin'schen Maximumthermometers mit Luftblase bedient. Diese Thermometer, welche in senkrechter Stellung anzeigen, werden ganz in das Rohr mit Oel eingelassen, worin sie die Temperatur des Gasstromes annehmen, und zeigen diese Temperatur ohne weitere Correction, als die Subtraction der Luftblase an.

Trotzdem harmoniren die Angaben selten vollständig mit denjenigen des Calorimeters, was sich dadurch erklären dürfte, daß das Metall des Calorimeters rascher die Temperatur des Zuges annimmt, als die mit Oel gefüllte Röhre, und da diese Temperatur fortwährend schwankt, so wird das Calorimeter beim Steigen der Temperatur im Schornsteincanale eine etwas höhere, beim Sinken derselben eine etwas tiefere Temperatur anzeigen, als das Thermometer, wie nachstehende Beobachtungen bestätigen.

Datum.	Calorimeter.	Thermometer.	Differenz.	Bemerkungen.
24. Februar,	147,7°	154°	+ 6,3°	abnehmende Temperatur.
25. „	143,1	143	— 0,1	stationäre „
25. „	159,3	151,5	— 7,8	steigende „
26. „	164,0	167,5	+ 3,5	abnehmende „

Alle von uns benutzten Thermometer wurden vorher auf den Nullpunkt verglichen und ihre Angaben demgemäß corrigirt.

Die in dem Kestner'schen Etablissement benutzten Maximumthermometer sind bei der Wartung der Dampfkessel von großem Nutzen. Man liest täglich zweimal daran ab und erkennt hiernach, ob nicht etwa zu viel Zug vorhanden gewesen ist, was so beträchtliche Wärmeverluste verursacht. Die mit Oel gefüllten Röhren haben den Uebelstand, daß sie in Folge der Verharzung des Oeles innerlich leicht eine Kruste bekommen, welche öfters beseitigt werden muß. Die Füllung mit Paraffin beseitigt diesen Uebelstand und wir wenden solch ein Rohr seit 2 Jahren an, ohne eine Entleerung oder Reinigung desselben nöthig gefunden zu haben.

Zur Bestimmung der Temperatur der von den Kesseln nach dem Vorwärmer abziehenden Gase konnten wir uns kein geeignetes Instrument verschaffen.

Für die Bestimmung des dem Roste zugeführten Luftquantums bedienten wir uns der in der früheren Abhandlung beschriebenen Methode und es waren zu diesem Zwecke hinter dem Kessel zwei Gasometer von 50 Liter Inhalt aufgestellt, welche abwechselnd mit den von dem Auffangrohre eingesogenen Gasen gefüllt wurden. War das eine voll,

so analysirte man das Gas nach der angegebenen Methode und hob 50 Cubikcentimeter davon unter einer Glocke auf. Am Ende des Tages wurden die Mittelzahlen aus den einzelnen Analysen genommen und mit dem Ergebniß verglichen, welches die Analyse der zurückbehaltenen Gasproben lieferte. Hierbei gelangte Herr **Eggenspieler**, der Inspector der Elsäßer Dampfkesselgesellschaft, nach wenigen Tagen zu einer solchen Uebung, daß zwischen den Mittelwerthen der einzelnen Analysen und den Angaben der reservirten Probe kaum merkliche Differenzen mehr vorkamen.

Bisher wurde zur Bestimmung der Luftmenge das Anemometer benutzt, dessen Angaben aber nicht so viel Vertrauen verdienen als die chemische Analyse, zumal da die Luftmengen, welche beim Nachschütten durch die Feuerthüre eintreten und diejenigen, welche durch Risse im Mauerwerke eindringen, keineswegs zu vernachlässigen sind, vom Anemometer aber gar nicht angegeben werden. Was diese durch Spalten im Mauerwerke, bei den Registern und sonst zudringenden Luftmengen anlangt, so haben wir dieselben zwar nicht direct bei dem Versuchskessel bestimmen können, es ist uns aber bei einer speciellen Aufstellung der Gasometer gelungen, dasjenige Luftvolumen zu ermitteln, welches sich auf dem Wege von dem Register des Dampfkessels bis zu demjenigen des Vorwärmers mit den Gasen mischt, indem wir nämlich eine Gasauffangung und ein Gasometer im Vordertheil des Vorwärmers, wo die Gase nach dem Schornstein abziehen, und das zweite Gasometer vor dem Register beim Austritte der Gase vom Kessel nach dem Vorwärmer aufstellten. Die Differenz zwischen den Analysen der aufgefangenen Gase lieferte die gesuchte Luftmenge; die Dauer jeder Gasauffangung betrug 30 Minuten und die Versuche wurden mit verschiedenen Stellungen des Kesselregisters, also bei größerer oder geringerer Spannung der Gase in dem nach dem Vorwärmer führenden Zuge wiederholt. Genaue Resultate sind aber schon wegen des Einflusses der stets sich ändernden, mehr oder minder starken Bedeckung des Rostes mit Schlacken nicht zu erwarten. Nachstehende Tabelle enthält einige bezügliche Beobachtungen.

Oeffnung der Register		Gefundene Sauerstoffmenge im Gase		Differenz.
des Kessels,	des Vorwärmers.	des Kessels,	des Vorwärmers.	
400 Millim.	230 Millim.	8,6	11,5	2,9
200 "	230 "	9,5	12,7	3,2
600 "	230 "	10,6	12,9	2,3
400 "	380 "	14,3	14,6	0,3.

Der letzte Versuch wurde bei einem anormalen, sehr heftigen Zuge mit leerem Roste angestellt, so daß die beiden Ergebnisse wenig differiren. Bei den drei anderen Versuchen ist durchschnittlich in den beim Austritte aus den Vorwärmern aufgefangenen Gasen 2,8 Procent mehr Sauerstoff enthalten, als in den Kesselgasen, es hat also ein Luftzutritt von

$$2{,}8 \,.\, 4{,}75 = 13{,}2 \text{ Procent}$$

zu den Verbrennungsgasen stattgefunden. Dieser Umstand vermindert leider den Werth der Temperaturbeobachtungen beim Austritte der Gase aus den Vorwärmern, da hierbei Irrungen um einige Grade denklich sind. Um diese Unsicherheit zu beseitigen, sollten für solche Versuche die Register nach dem **Burnat**'schen Modell (droffelklappenartig) construirt sein. Wir werden im Nachstehenden annehmen, daß 10 Proc. Luft zugedrungen seien, was die beim Austritte der Gase beobachtete Temperatur um 15 bis 20° zu erhöhen nöthigt, und da die heißen Gase nur 6 bis 8 Proc. der in den verbrannten Kohlen enthaltenen Wärmemenge mit fortnehmen, so wird der begangene Fehler sich auf höchstens 1/2 bis 1 Procent belaufen. Bei den bis jetzt veröffentlichten Temperaturbeobachtungen über die ausziehenden Gase war dem erwähnten Luftzutritte noch niemals Rechnung getragen worden.

Da bei unseren Versuchen das Gas immer vor dem Register des Kessels aufgefangen worden ist, so geben sie die durch den Rost und die durch die Spalten des Kesselofens gedrungene Luftmenge gleichzeitig an, während Beobachtungen mit dem Anemometer blos die dem Roste zugeführte Luftmenge ermitteln. Aber abgesehen davon, daß es zweifelhaft ist, ob diese Instrumente sich mit der Zeit nicht verändern, ist gegen deren Anwendung einzuwenden, daß man die aspirirte Luftmenge nicht für jeden Moment bestimmen kann, weil diese Instrumente nur summarische Angaben machen, während unsere Methode der Gasanalyse hierin viele Vortheile gewährte.

Die Variationen in der einem Kessel zuströmenden Luftmenge sind nämlich sehr bedeutend, weil die Kessel in der Regel entweder direct oder indirect mit einem Schornsteine in Verbindung stehen, in welchem durch die Temperatur der abziehenden Gase der Kesselfeuerung, oder durch irgend eine andere Feuerung Zug erzeugt wird. Nun lehrt die Erfahrung, daß der Zug der Schornsteine, gemessen mittelst eines Manometers, durch die Richtung des Windes, den barometrischen und hygrometrischen Zustand der Atmosphäre, die Lufttemperatur u. s. w. sehr wesentlich beeinflußt wird, was sich bis in den Kesselofen fühlbar machen muß. Andere Ursachen von Schwankungen in der Verbrennung sind der Zustand der Kohle auf dem Roste, ihre Vertheilung, ihre Gröbe, Aschengehalt, Dicke der Kohlenschicht, und diese

mannichfachen Umstände werden um so fühlbarer, weil die zur Unterhaltung der Verbrennung erforderliche Depression außerordentlich gering ist. Wir haben uns in der That durch directe Versuche mit einem Kretz'schen Differentialmanometer*) überzeugt, daß die in den Zügen des Ofens vorhandene Depression nicht über 1, diejenige im untern Theile des Schornsteins blos 8 bis 10 Millim. Wassersäule betrug.

Jedenfalls wäre es sehr vortheilhaft, zur Regulirung dieses Zuges ein solches Instrument bleibend aufzustellen, allein das Differentialmanometer von Kretz ist hierzu nicht geeignet, da die beiden dazu benutzten Flüssigkeiten sehr flüchtig sind, sich also die Angaben des Instrumentes mit der Zeit verändern. Wir haben Oel und Wasser versucht, aber diese beiden Flüssigkeiten differiren einmal zu sehr im specifischen Gewichte und dann macht die Klebrigkeit des Oeles das Instrument so träge, daß es praktisch unbrauchbar wird. Auch der von Minary angegebene Apparat, bei welchem ein Aräometer mit dem Raume, dessen Spannung man bestimmen will, in Verbindung gesetzt wird, hat uns keine guten Resultate gegeben, da es wegen nicht zu vermeidender Reibungen nur wenig empfindlich war.

In Ermangelung eines Zugmessers muß man sich auf die Uebung des Heizers verlassen und doch ist der Zug ein sehr wichtiges Element für die Heizung, da bei gleicher Stellung des Registers eine doppelt so große Luftmenge durch den Ofen ziehen kann, besonders bei Kesseln mit großen Vorwärmern, deren Gase mit niedriger Temperatur nach dem Schornsteine austreten. Wir haben z. B. oft bei unseren Gasanalysen den Sauerstoffgehalt in einer halben Stunde von 8 auf 12 und mehr Procent steigen sehen, und der Heizer muß dann wissen, ob er neu aufgeben muß, um die Passagen in der Kohlenschicht zuzudecken, oder ob er das Register mehr schließen soll. Auch die Burnat'sche Abhandlung hebt die Nothwendigkeit einer aufmerksamen Beobachtung der zutretenden Luftmenge hervor. Burnat's ersten Versuche bezogen sich auf Dampfkessel ohne Vorwärmer und führten auf die Folgerung, daß man möglichst wenig Zug geben müsse. Seitdem hat Herr Burnat gefunden, daß bei Anwendung von Vorwärmern das Luftvolumen von 8 auf 10 bis 12 Cubikmeter pro Kilogramm verbrannte Steinkohle gesteigert werden kann, was durch unsere Versuche bestätigt wird, indem sie darthun, daß bis 18 Procent des Kohlenstoffes im Zustande brennbarer Gase verloren gehen können, wenn die Luftmenge bis 8 Cubikmeter sinkt.

Die Versuche mit Hilfe der Gasanalyse zeigen, wie wichtig es ist, die Variationen im Luftzutritte kennen zu lernen. So zeigte ein bei der höchsten Bedeckung des Rostes vorgenommener Versuch, daß eine bedeutende Abnahme des Luftvolumens eingetreten war, was lediglich von der Verstopfung der Zwischenräume durch Schlacken und Asche herrührte. Wir haben nachstehend diese Resultate zusammengestellt.

Zeit.	Sauerstoffgehalt der über Wasser aufgefangenen Gase.	Corrigirter Sauerstoffgehalt.	Ueberschüssige Luftmenge in den Gasen.	Bemerkungen.
2 Uhr 10 Min.	12,4 %	10,3 %	49 %	
2 „ 20 „	12,2	10,1	48	
2 „ 30 „	10,4	8,3	39,5	
2 „ 40 „	9,2	7,1	33,7	
2 „ 50 „	8,9	6,8	32,4	
3 „ 15 „	10,0	7,9	37,5	das Feuer wurde durchgestochen.
3 „ 30 „	8,8	6,7	31,9	
3 „ 45 „	6,9	4,8	22,7	nach dieser Probe wurden Schlacken herausgezogen.

Das über Quecksilber aufgefangene Gas ergab für den mittleren Gehalt der Verbrennungsgase 7,67 Procent Sauerstoff.

Hiernach ist durch bloße Verschlackung der Brennmaterialmasse der Sauerstoffgehalt von 10,3 auf 4,8 gefallen und der Zug um den 4. Theil vermindert worden. Der Gehalt an überschüssiger Luft ist allmälig von 49 auf 32,4 Procent gesunken, dann wieder durch das Durchstechen der Kohlen auf 37,5 Procent gestiegen, um hierauf abermals und bis auf 22,7 Procent zu fallen. Gute Heizer reguliren daher die Registeröffnung vorsichtig und vergrößern sie stets, je mehr sich Schlacken auf dem Roste ansammeln. Hierbei muß man sich das Aussehen des Feuers, die Neigung der Flamme, die Intensität der Verbrennung, das Zurückschlagen des Rauches beim Aufgeben frischer Kohle u. dergl. zum Anhalten dienen lassen.

Als unsere Versuche begannen, mußten wir Anfangs nur probiren, kamen aber bald zu der Ueberzeugung, daß

*) Bull. de la Société Industrielle, Juin 1868, p. 467.

uns nur häufig wiederholte Analysen Aufschluß geben konnten, und die Vergleichung unserer ersten Versuchsreihe vom Mai 1868 mit den im September abgeführten Versuchen beweist, bis zu welcher sicheren Regulirung des Zuges sich gelangen läßt. Wir bemerken, daß die Analysen nicht von kleinen Proben genommen sind, sondern den 8. bis 10. Theil der gesammten Verbrennungsproducte eines Tages repräsentiren.

Ueberschüssige Luftmenge in den Verbrennungsproducten.

Datum.	Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Differenz.
Monat Mai 1868.			
30. April	52 %	28 %	24 %
1. Mai	37	18	19
2. „	51	24	27
4. „	48	13	35
5. „	40	23	17
6. „	39	16	23
Durchschnittlicher Ueberschuß 32 Procent.			
Monat September 1868.			
31. August	34	27	17
1. September	38	27	11
2. „	34	28	6
3. „	39	27	12
4. „	39	27	12.
Durchschnittlicher Ueberschuß 37 Procent.			

Man ersieht hieraus, daß ein nicht methodisch regulirter Zug eine höchst unegale Luftzuführung bewirkt. Hätte man zum Messen der Luftmenge sich blos eines Anemometers bedient, so würden diese beiden Versuchsreihen ziemlich gleiche Resultate gegeben haben, da die durchschnittlichen Luftmengen nur um 5 Procent differiren; in Wirklichkeit fand aber bei der ersten Reihe in Folge ungenügender Luftzuführung unvollkommene Verbrennung und dann wieder wegen Uebermaaßes von Luft beträchtlicher Wärmeverlust statt, während bei der zweiten Versuchsreihe weder zu heftiger, noch ungenügender Zug vorgekommen ist und die Wärmeverluste geringer waren, weil die Verbrennungsproducte einen geringeren Antheil an brennbaren Gasen enthielten und die von den Gasen mit fortgerissene Wärmemenge minder beträchtlich war.

Da die zur Verbrennung eines Kilogrammes Steinkohle erforderliche Luftmenge nach der Art der Kohlen verschieden ist, so muß sie durch vorläufige Versuche erst bestimmt werden. Für die Saarbrückener Kohlen finden wir z. B., daß der Gehalt an brennbaren Gasen bei verminderter Luftzuführung in stärkerem Verhältnisse wächst, als bei der Kohle von Ronchamp, was auch die Praxis bestätigt, und wir haben daher bei den Versuchen mit Saarbrückener Kohle mehr Luft zuführen müssen, als bei der anderen Kohlensorte.

Wie bereits erwähnt, ist das zu analysirende Gas über Wasser aufgefangen worden, um aber die Correction zu ermitteln, welche etwa wegen der Diffusion der Gase im Wasser nöthig sein dürfte, wurden gleichzeitig zwei Auffangungen, die eine mit Quecksilber, die andere mit Wasser gemacht und beide $1\frac{1}{2}$ Stunde fortgesetzt. Das über Wasser aufgefangene Gas enthielt 9,9, das über Quecksilber aufgefangene 7,67 Sauerstoff und die Differenz von 2,23 repräsentirt den Ueberschuß von Sauerstoff, welcher von der Aufnahme von Kohlensäure durch das Wasser herrührt. Wir haben demgemäß von dem Sauerstoffgehalte der über Wasser aufgefangenen Gase durchgängig 2,3 Proc. abgezogen und die Differenz mit 4,761 multiplicirt, um den Gehalt an überschüssiger Luft zu bestimmen. (Vergl. 1. Theil.)

Mag auch die von uns angewendete Beobachtungsmethode nicht absolut richtige Resultate liefern, so ist sie doch relativ richtig und genügend, um die Verschiedenheiten in der Stärke des Luftzutrittes zu erkennen, sowie um den Zug nach Belieben reguliren zu können. Wollte man streng genaue Resultate erzielen, so müßte man sowohl beim Austritte der Gase aus dem Kesselraume in den Vorwärmeraum, als auch beim Austritte aus dem Letzteren Gasauffangungen anbringen, um die durch die Spalten des Registers eintretende Luftmenge zu erhalten, und es müßte mit einem vollkommen dichten Kesselofen gearbeitet werden;

doch dürfte die hierauf verwendete Mühe kaum entsprechende Früchte tragen, denn nach der obigen Darlegung wird der bei unseren Versuchen begangene Fehler höchstens 1 Procent von der ganzen Leistung des Kessels betragen.

Bei unseren Versuchen wurden nachstehende Beobachtungsdata, z. Th. stündlich, notirt:

1. Gewicht der verbrannten Kohle,
2. Volumen des verdampften Wassers,
3. Controlbeobachtung an der Speisepumpe,
4. Gewicht der Kohlenrückstände,
5. Auffangung und Analyse des Gases,
6. Temperatur des Speisewassers,
7. Temperatur des Wassers am Anfange der Vorwärmer,
8. Temperatur der in den Schornstein abziehenden Gase,
9. Stand des Manometers.

Ueber die Art, wie hierbei verfahren worden ist, haben wir hier nicht mehr viel zu bemerken. Die Temperatur des Wassers in den Vorwärmern bestimmten wir mittelst eines an dem Verbindungsrohre zwischen dem Kessel und dem Vorwärmer angebrachten gekrümmten Hahnrohres, aus welchem wir während des Speisens, und nachdem die Maschine einige Minuten in Gang war, etwas Wasser auf ein vorgehaltenes Maximumthermometer ablaufen ließen. Die mittlere Lufttemperatur gaben zwei Beobachtungen täglich an zwei gegen Nord aufgehangenen und vorher geprüften Maximum- und Minimumthermometern an.

Aus den Beobachtungszahlen wurden täglich die Mittelwerthe bestimmt und aus diesen sind die unserem Berichte beigefügten Tabellen zusammengestellt. Die Lufttemperatur figurirt in diesen Tabellen nicht, weil sie von anderen Beobachtern bestimmt wurde; auch die Rückstände auf dem Roste wurden erst nachträglich gewogen.

Es mögen nun zunächst 2 Versuche mit Kohle von Ronchamp besprochen werden, wovon der eine im Mai, der andere im Juni 1868 angestellt wurde, und welche dadurch interessant sind, daß sie darthun, wie durch sorgfältige Regulirung des Zuges eine Ersparniß von 5 Procent erzielt worden ist.

Analyse der Kohle von Ronchamp.

Wasser	0,66
Kohlenstoff	75,93
Wasserstoff	4,04
Asche	12,74
Stick- und Sauerstoff	6,63
	100,00.

Beobachtete Verbrennungswärme 7825 Calorieen.
Theoretische „ 9081 „

Von 10000 Kilogr. verbrannter Kohle fielen 1785 Kil. Rückstände, deren Zusammensetzung folgende war:

Wasser	3,58
Kohlenstoff	14,54
Erdige Bestandtheile	81,88
	100,00.

Tabelle I. Erste Versuchsreihe. Mai 1868. Kohle von Ronchamp mit 17,3 Proc. Aschengehalt.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser			Sauerstoffgehalt der Gase.			Temperatur in Centigraden				Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren	
		in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Wassersäule.	Quecksilbersäule.
7.	750	5660	1,793	7,56	10,6	4,5	7,9	13,1	66,3	136	14,9	2,737	0,643
8.	950	6926	1,777	7,29	12,0	5,6	9,5	12,1	65,0	147	16,8	2,780	0,551
9.	1192	8480	1,795	7,11	6,8	5,1	6,2	10,6	68,5	129	18,2	2,830	0,437
10.	985	7075	1,788	7,18	10,0	5,0	7,1	9,6	66,5	124	19,0	2,790	0,530
11.	1000	7200	1,791	7,20	8,9	5,1	6,8	8,7	63,0	125	18,9	2,780	0,552
	4877	35341	1,789	7,25	9,6	5,0	7,5	10,8	65,8	132	17,5	2,783	0,542

Hiernach berechnet sich weiter:

Verbrannte Steinkohle		4877
Hygroskopisches Wasser	32	873
Trockene Rückstände	841	
bleibt reine Kohle		4004.

Verdampftes Wasser	35341
Correction wegen der Wärme des Speisewassers an 18,8°	509
Verdampftes Wasser von 0°	34832.

1 Kilogr. reine Kohle hat also verdampft 8,72 Kilogr. Wasser von 0°.

Gefundener Sauerstoffgehalt	7,5
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase	5,2.

Sonach hatten sie annähernd nachstehende Zusammensetzung:

Atmosphärische Luft in Ueberschuß	24,7
Kohlensäure	13,8
Stickstoff u. s. w.	61,5
	100,0,

oder es wurde gebraucht

11800 Liter Luft pro Kilogramm reine Kohle,
10300 „ „ „ „ Kohle brutto.

Temperatur des Rauches . .	132°
Correction wegen eingetretener fremder Luft 10 Proc. . .	13
	145°.

Manometerstand:

Constante		4,126
Abzuziehende Wassersäule	0,205	0,747
„ Quecksilbersäule	0,542	
absoluter Druck		3,879,

entsprechend 148° Dampfwärme oder 4,46 Atmosphären.

2. Versuchsreihe. Kohle von Ronchamp.

Analyse der Kohle.

Wasser	1,09
Kohlenstoff	73,10
Wasserstoff	3,75
Asche und Rückstände . .	16,19
Stickstoff und Sauerstoff .	5,87
	100,00.

Beobachtetes Heizvermögen	7775,
Theoretisches „	9117.

9815 Kilogr. Steinkohle hinterließen 1560 Kilogr. Rückstände, welche bestanden aus:

Wasser	0,5
Kohlenstoff	12,9
Erdigen Bestandtheilen	86,6
	100,0.

Tabelle II. Zweite Versuchsreihe. Juni 1868. Kohle von Ronchamp mit 15,8 Proc. Asche.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser			Sauerstoffgehalt der Gase.			Temperatur in Centigraden				Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren	
		in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Wassersäule.	Quecksilbersäule.
Juni 25.	800	6185	1,794	7,73	10,3	7,8	8,4	18,8	67	136	23	2,892	0,349
26.	745	5905	1,792	7,92	9,6	7,9	8,2	19	70	134	24	2,890	0,313
27.	750	6000	1,795	7,95	9,8	8,4	8,7	20,5	82	138	21	2,875	0,217
29.	790	6250	1,774	7,91	9,9	7,7	8,5	19	69	144	20	2,968	0,205
30.	700	5340	1,792	7,62	9,0	5,7	8,2	20	66	137	19	2,966	0,174
	3780	29680	1,789	7,84	9,7	7,5	8,4	19,4	70,8	138	21,4	2,915	0,251.
	Hierüber während 7 Nächten:												
	3860	31600		8,18									

Es berechnet sich hieraus:

Verbrannte Steinkohle		3780 Kilogr.
Hygroskopisches Wasser	41	637 „
Trockene Rückstände	596	
Reine Kohle, trocken		3143 Kilogr.

Verdampftes Wasser	29680 Kilogr.
Correction wegen der Temperatur	886 „
Verdampftes Wasser von 0°	28794 Kilogr.

1 Kilogramm reine Kohle hat verdampft 9,16 Kilogr. Wasser von 0°.

Sauerstoffgehalt in den Gasen	8,4
Correction	2,3
Wirklicher Sauerstoffgehalt	6,1.

Demnach ist die Zusammensetzung annähernd:

Ueberschüssige Luft	29,1
Kohlensäure	12,9
Stickstoff u. s. w.	58,0
	100,0,

oder es wurden zugeführt

12800 Liter Luft pro Kilogramm reine Kohle,
10600 „ „ „ „ rohe „

Temperatur des Rauches	138°	
Correction	13	
Wirkliche Temperatur	151°.	
Constante des Manometers		4,126
Abzuziehende Wassersäule	0,223	0,474
„ Quecksilbersäule	0,251	
Absolute Dampfspannung		3,652 Meter,

entsprechend 151° Wärme oder 4,84 Atmosphären.

Obgleich die vorstehenden beiden Versuchsreihen nahezu identisch erscheinen, so differirt doch die Leistung um 5 Procent, wofür nachstehende Zusammenstellung keine Erklärung liefert:

	Verdampftes Wasser in 12 Stunden.	Sauerstoff.	Temperatur Wasser.	Temperatur Rauch.
1. Reihe	7050	7,5	10,8°	132°
2. „	5920	8,4	19,4	138

Denn weder die geringere Intensität der Verdampfung, noch der geringe Mehrgehalt der Gase an Sauerstoff kann eine so starke Mehrleistung bewirken. Dieselbe findet nur ihre Erklärung in der gleichförmigeren Regulirung des Luftzuges bei Reihe 2. Bei der ersten Versuchsreihe ist der Gehalt an überschüssiger Luft in den Gasen öfters bis auf 13 Procent, bei der zweiten nie unter 24 Procent gefallen und unsere Gasanalysen lehren, daß im ersteren Falle der Verlust durch fortgehende brennbare Gase sich auf 12, im letzteren aber nur auf 5 Procent beziffert. Unregelmäßigkeiten in der Luftzuführung sind also in hohem Grade nachtheilig.

Bei ungenügendem Luftzutritte kommt auch noch ein anderer Nachtheil in Frage, nämlich der Niederschlag von Ruß an Kessel und Vorwärmer. Einen solchen Fall haben wir bei dem Feuern mit Saarbrückener Kohle beobachtet, wo in wenigen Tagen in Folge von Berußung die Temperatur des Wassers in den Vorwärmern von 65 auf 53° sank und nach der Beseitigung des Rußes auf 70° stieg.

Saarbrückener Kohle. (Friedrichsthal.)

Analyse.

Wasser	1,00
Kohlenstoff	67,81
Wasserstoff	4,19
Asche	12,70
Stickstoff	0,50
Sauerstoff	13,80
	100,00.

Beobachtetes Heizvermögen 7582 Calorieen,
Theoretisches „ 8457 „

14682 Kilogr. Kohle hinterließen 2705 Kilogr. Rückstände, deren Zusammensetzung bestand aus:

Wasser	4,05
Kohlenstoff	14,15
Feste Bestandtheile	81,80
	100,00.

Tabelle III. Friedrichsthaler Steinkohle. April 1868. Aschengehalt 17,8 Procent.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Verdampftes Wasser Product der Pumpe. Liter.	Verdampftes Wasser Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase. Maximum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase. Minimum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase. Durchschnitt.	Temperatur in Centrigraden des Wassers.	Temperatur in Centrigraden des Vorwärmers.	Temperatur in Centrigraden des Rauches.	Temperatur in Centrigraden der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren Wassersäule.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren Quecksilbersäule.
April													
17.	1063	6870	1,793	6,46	11,1	5,8	10,0	10,0	64	121	18	2,859	0,401
18.	963	6000	1,790	6,23	9,1	6,1	8,0	9,8	63	108	20	2,702	0,406
21.	1010	6250	1,798	6,19	10,2	5	8,1	10,0	60	113	19	2,845	0,430
24.	948	6050	1,788	6,38	13	6,3	8,7	11,0	66	98	22	2,897	0,322
25.	955	6500	1,791	6,80	13,5	9,3	10,7	11,0	77	111	24	2,884	0,342
	4939	31670	1,792	6,39			9,1	10,5	66	110	20,6	2,837	0,380.

Hiernach berechnet sich Folgendes:

Verbrannte Steinkohle		4939 Kilogr.
Hygroskopisches Wasser	49	909 „
Asche, trocken	860	
Reine Kohle, trocken		4030 Kilogr.

Verdampftes Wasser	31670 Liter,
Correction wegen 10,5° Wärme	513 „
Verdampftes Wasser von 0°	31157 Liter.

1 Kilogramm reine Steinkohle hat verdampft 7,73 Kil. Wasser von 0°.

Gefundene Sauerstoffmenge 9,1
Correction 2,3
Sauerstoffgehalt der Gase 6,8.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	32,3
Kohlensäure	12,2
Stickstoff und brennbare Gase	55,5
	100,0,

oder es wurden zugeführt:

12200 Liter Luft für 1 Kilogr. reine Kohle,
10400 „ „ „ „ rohe „

Temperatur des Rauches	110°
Correction	11.
berichtigte Temperatur	121°.

Constante des Manometers		4,126 Meter,
Wassersäule in Quecksilber	0,215	0,595 „
Quecksilbersäule	0,380	
Absolute Spannung		3,531 Meter,

entsprechend 150° oder 4,71 Atmosphären.

Kohle von Duttweiler.

Analyse.

Wasser	1,75
Kohlenstoff	71,25
Wasserstoff	4,10
Rückstände	13,25
Stickstoff und Sauerstoff	9,65
	100,00.

Gefundenes Heizvermögen 7685 Calorieen,
Theoretisches „ 8724 „

12592 Kilogr. Steinkohle hinterließen 2092 Kilogr. Asche mit

Wasser	2,22
Kohlenstoff	11,46
Erdigen Bestandtheilen	86,32
	100,00.

Tabelle IV. Versuche mit Duttweiler Kohle im Mai 1868. 16 Proc. Asche.

Datum	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Verdampftes Wasser: Product der Pumpe. Liter.	Verdampftes Wasser: Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase: Maximum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Minimum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Durchschnitt.	Temperatur in Centigraden: des Wassers.	Temperatur in Centigraden: des Vorwärmers.	Temperatur in Centigraden: des Rauches.	Temperatur in Centigraden: der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Wassersäule.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Quecksilbersäule.
30. Apr.	850	5805	1,798	6,82	13,4	8,2	9,8	13,0	61	111	13	2,835	0,477
1. Mai	988	6690	1,788	6,67	10,1	6,2	8,8	12,0	65	142	19	2,865	0,390
4. „	913	6350	1,798	6,95	13,0	7,5	10,3	13,4	77	121	19	2,818	0,482
5. „	770	5500	1,799	7,14	10,7	7,1	8,9	14,0	67	126	17	2,931	0,258
6. „	728	5120	1,800	7,00	10,6	5,8	8,3	14,0	68	122	15	2,925	0,268
	4249	29465	1,796	6,92			9,2	13,3	68	124	16,4	2,874	0,375.

Verbrannte Steinkohle . . .		4249 Kilogr.
Hygroskopisches Wasser	74	754 „
Rückstände	680	
Verbrannte Kohle, rein, trocken		3495 Kilogr.

Verdampftes Wasser	29465 Liter,
Correction für 13,3° Wärme	608 „
Wasserquantum bei 0° . .	28857 Liter.

1 Kilogr. reine Kohle verdampfte hiernach 8,25 Liter Wasser von 0°.

Gefundener Sauerstoff .	9,2
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase	6,9.

Zusammensetzung der Gase:

Ueberschüssige Luft . . .	32,8
Kohlensäure	12,1
Stickstoff und brennbare Gase	55,1
	100,0,

oder es wurden zugeführt:

12950 Liter Luft für 1 Kilogr. reine Kohle,
10900 „ „ „ „ rohe „

Temperatur des Rauches	124°
Correction	12
wirkliche Temperatur	136°

Constante des Manometers . . .		4,126 Meter,
Wassersäule in Quecksilber	0,221	0,596 „
Quecksilbersäule . . .	0,375	
Absolute Dampfspannung . . .		3,530 Meter,

entsprechend 149,5° oder 4,6 Atmosphären.

Luisenthaler Steinkohle von Saarbrücken.

Analyse.

Wasser	3,57
Kohlenstoff	64,69
Wasserstoff	3,94
Rückstände	12,28
Sauerstoff und Stickstoff	15,52
	100,00.

Beobachtetes Heizvermögen 7036
Theoretisches „ 8215.

10867 Kilogr. Steinkohle hinterließen 1471 Kilogr. Rückstände mit

Wasser	1,25
Kohlenstoff	12,48
Erdigen Theilen	86,27
	100,00.

Weitere Data giebt nachstehende Tabelle.

Tabelle V. Kohle von Luisenthal mit 13,4 Proc. Aschengehalt. Mai 1868.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Verdampftes Wasser: Product der Pumpe. Liter.	Verdampftes Wasser: Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase: Maximum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Minimum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Durchschnitt.	Temperatur in Centigraden: des Wassers.	Temperatur in Centigraden: des Vorwärmers.	Temperatur in Centigraden: des Rauches.	Temperatur in Centigraden: der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Wassersäule.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Quecksilbersäule.
15. Mai	950	5720	1,793	6,02	13,9	6,7	9,1	15	64	101	17	2,804	0,511
16. „	1000	6060	1,791	6,06	11,0	6,0	8,2	15	64	107	18	2,806	0,553
18. „	1063	6760	1,795	6,38	11,5	6,1	8,8	16	74	127	20	2,829	0,449
19. „	915	5715	1,797	6,24	10,0	5,0	8,1	16,5	78	136	20	2,932	0,255
20. „	972	6152	1,794	6,82	10,0	5,8	8,5	16	78	112	22	2,871	0,376
	4900	30407	1,794	6,20			8,5	15,6	71	117	19,4	2,848	0,428

Verbrannte Kohlenmenge		4900 Kilogr.
Hygroskopisches Wasser	175	825 „
Rückstände, trocken	655	
Kohlenquantum, rein, trocken		4075 Kilogr.

Verdampftes Wasser	30407 Liter,
Correction wegen 15,6°	731 „
Wasservolumen bei 0°	29676 Liter.

1 Kilogr. Steinkohle hat verdampft 7,29 Kilogr. Wasser.

Sauerstoffgehalt der Gase	8,5
Correction	2,3
Berichtigter Sauerstoffgehalt	6,2.

Zusammensetzung der Gase:

Ueberschüssige Luft	29,5
Kohlensäure	12,8
Stickstoff und brennbare Gase	57,7
	100,0.

Luftmenge pro 1 Kilogr. reine Kohle 10300 Liter,
„ „ „ rohe „ 9450 „

Temperatur des Rauches	117°
Correction	11°
effective Temperatur	128°.

Constante des Manometers		4,126 Met. Quecks.
Abzuziehende Wassersäule	0,219	0,647 „
„ Quecksilbersäule	0,428	
Absolute Spannung des Dampfes		3,479 Meter,

entsprechend 149° oder 4,58 Atmosphären.

Kohle von Altenwald (Saarbrücken).

Analyse.

Wasser	2,54
Kohlenstoff	69,30
Wasserstoff	4,26
Rückstände	13,50
Sauerstoff und Stickstoff	10,40
	100,00.

Beobachtetes Heizvermögen 7400 Calorieen,
Theoretisches „ 8633 „

12639 Kilogr. Steinkohle hinterließen 1773 Kilogr. Rückstände, enthaltend:

Wasser	2,5
Kohlenstoff	16,7
Erdige Theile	80,8
	100,0.

Tabelle VI. Kohle von Altenwald mit 13,7 Proc. Rückständen. Mai 1868.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase. Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	Temperatur in Centigraden des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren Wassersäule.	Quecksilbersäule.
22. Mai	771	5415	1,794	7,02	12,0	7,4	9,0	18,0	78	123	18	2,635	0,238
23. „	837	6100	1,797	7,28	12,5	6,7	9,3	17,0	73	144	22	2,968	0,338
28. „	852	6020	1,796	7,06	12,4	7,7	9,7	21,0	74	151	24	2,924	0,271
29. „	850	5775	1,792	6,79	10,3	6,5	9,1	20,5	74	145	25	2,884	0,355
30. „	710	5538	1,795	7,66	10,9	7,4	9,4	20,2	73	156	24	2,926	0,280
	4020	28848	1,795	7,21			9,3	19,3	74	143	22,6	2,867	0,296.

Verbrannte Kohle . . . . . 4020 Kilogr.,
Hygroskopisches Wasser 102 } 645 „
Trockne Rückstände 543 }
Kohle, rein, trocken . . . . 3375 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . . 28848 Liter,
Correction für 19,3° . . . 918 „
Wasser bei 0° . . . . . 27930 Liter.

1 Kilogr. Steinkohle hat verdampft 8,27 Kil. Wasser von 0°.

Gefundener Sauerstoffgehalt 9,3
Correction 2,3
Wirklicher Sauerstoffgehalt 7,0.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft 32,2
Kohlensäure 12,0
Stickstoff und brennbare Gase 54,8
100,0.

12900 Liter Luft pro Kilogramm reine Kohle,
10700 „ „ „ rohe „

Temperatur des Rauches 143°
Correction . . . . . 14°
effective Temperatur 157°.

Constante des Manometers . . . 4,126 Meter,
Abzuziehende Wassersäule 0,219 } 0,515 „
„ Quecksilbersäule 0,296 }
Absolute Spannung der Dämpfe . 3,611 Meter,
entsprechend 150,7° oder 4,8 Atmosphären.

Steinkohle von der Heinitzeche (Saarbrücken).

Analyse der Kohle.

Wasser 1,79
Kohlenstoff 70,83
Wasserstoff 4,80
Rückstände . . . . . 11,57.
Stickstoff und Sauerstoff 12,01
100,00.

Beobachtetes Heizvermögen 7527 Calorieen,
Theoretisches „ 8487 „

14783 Kilogr. Steinkohle hinterließen 1475 Kilogr. Asche, enthaltend:

Wasser . . 0,3
Kohlenstoff . 12,20
Erdige Theile 87,50
100,00.

Tabelle VII. Steinkohle von der Heinitzeche mit 9,96 Proc. Aschengehalt. Juni 1868.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase. Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	Temperatur in Centigraden des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren Wassersäule.	Quecksilbersäule.
12. Juni	893	6130	1,790	6,86	9,2	6,4	8,0	16,5	69	129	15	2,966	0,144
13. „	935	6730	1,795	7,19	8,4	6,5	8,1	17,8	69	140	18	2,930	0,118
15. „	958	6910	1,794	7,21	9,3	6,8	7,5	19,0	86	142	20	2,994	0,130
17. „	800	5680	1,796	7,10	9,3	7,6	7,9	19,5	70	129	24	2,937	0,112
18. „	758	5525	1,793	7,28	10,0	7,2	8,5	19,5	74	132	24	2,929	0,192
	4344	30975	1,793	7,12			8,0	18,4	73	134	20,2	2,951	0,139.

Verbrannte Kohle . . .		4344 Kilogr.
Gebundenes Wasser	78	511 „
Rückstände . . .	433	
Kohle, rein, trocken		3833 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . .	30975 Liter,
Correction wegen 18,4° .	956 „
Verdampftes Wasser bei 0°	30019.

1 Kilogr. Steinkohle hat verdampft 7,83 Liter Wasser von 0°.

Gefundene Sauerstoffmenge .	8,0
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase . .	5,7.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	27,1
Kohlensäure	13,3
Stickstoff und brennbare Gase	59,6
	100,0

oder 12200 Liter Luft für 1 Kilogr. reine Kohle,
9750 „ „ „ „ rohe „

Temperatur des Rauches	133°
Correction	13°
effective Temperatur	147°.

Constante des Manometers . . .		4,126 Meter,
Abzuziehende Wassersäule	0,226	0,365 „
„ Quecksilbersäule	0,139	
Absolute Spannung der Dämpfe .		3,761 Meter,

entsprechend 152° oder 4,97 Atmosphären.

Steinkohle von Sulzbach (Saarbrücken).

Analyse.

Wasser	1,63
Kohlenstoff.	73,27
Wasserstoff	4,56
Rückstände	10,46
Stickstoff und Sauerstoff	10,09
	100,00.

Beobachtete Verbrennungswärme	7558	Calorieen,
Theoretische „	8451	„

10860 Kilogr. Kohle hinterließen 1425 Kil. Schlacken mit

Wasser . . .	0,25
Kohlenstoff . .	6,72
Erdigen Theilen	93,03
	100,00.

Tabelle VIII. Steinkohle von Sulzbach mit 13,3 Proc. Asche. September 1868.

Datum	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Verdampftes Wasser: Product der Pumpe. Liter.	Verdampftes Wasser: Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase: Maximum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Minimum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Durchschnitt.	Temperatur in Centigraden: des Wassers.	Temperatur in Centigraden: des Vorwärmers.	Temperatur in Centigraden: des Rauches.	Temperatur in Centigraden: der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Wassersäule.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Quecksilbersäule.
31. Aug.	950	6550	1,786	6,89	9,5	8,0	9,0	17,5	73	131	23	2,906	0,304
1. Sept.	975	6565	1,785	6,73	10,3	8,1	9,4	18,0	80	157	19	2,918	0,473
2. „	1010	6900	1,784	6,88	9,6	8,2	9,0	18,3	81	140	19	2,879	0,344
3. „	950	6500	1,780	6,84	10,5	8,0	9,2	19,0	74	139	21	2,918	0,263
4. „	1025	6900	1,783	6,73	10,6	8,0	9,4	19,8	81	145	21	2,809	0,492
	4910	33415	1,783	6,80			9,2	18,5	77,8	142	20,6	2,885	0,375.

Verbrannte Steinkohle . .		4910 Kilogr.
Gebundenes Wasser	80	730 „
Asche, trocken . .	650	
Kohle, rein, trocken . . .		4180 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . .	33415 Liter,
Correction für 18,5° . .	952 „
Verdampftes Wasser bei 0°	32463 Liter,

1 Kilogramm reine Kohle hat verdampft 7,76 Liter Wasser von 0°.

Gefundener Sauerstoffgehalt .	9,2
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase . .	6,9.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	32,4
Kohlensäure	12,1
Stickstoff und brennbare Gase	55,5
	100,0.

oder 11250 Liter Luft pro Kilogramm rohe Kohle,
12700 „ „ „ „ reine „

Temperatur des Rauches	142°
Correction	14°
effective Temperatur	156°.

Constante des Manometers . . .		4,126 Meter,
Abzuziehende Wassersäule	0,222	0,597 „
„ Quecksilbersäule	0,375	
Absoluter Druck im Kessel . . .		3,529 Meter,

entsprechend 149° oder 4,58 Atmosphären.

Kohle von der Heydtzeche (Saarbrücken).

Analyse.

Wasser	2,71
Kohlenstoff	70,64
Wasserstoff	4,54
Asche	10,46
Stickstoff und Sauerstoff	11,65
	100,00.

Ermitteltes Heizvermögen 7703 Calorieen,
Theoretisches „ 8462 „

15490 Kilogr. Kohle hinterließen 2216 Kilogr. Asche, enthaltend

Wasser . .	7,33
Kohlenstoff .	11,61
Erdige Theile	81,06
	100,00,

was 2053 Kilogr. trockener Rückstände entspricht.

Tabelle IX. Steinkohle von der Heydtzeche mit 13,6 Proc. Aschengehalt. September 1868.

Datum	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Verdampftes Wasser: Product der Pumpe. Liter.	Verdampftes Wasser: Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase: Maximum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Minimum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Durchschnitt.	Temperatur in Centigraden: des Wassers.	Temperatur in Centigraden: des Vorwärmers.	Temperatur in Centigraden: des Rauches.	Temperatur in Centigraden: der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Wassersäule.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Quecksilbersäule.
11. Sept.	1050	7000	1,781	6,66	10,9	7,3	9,1	19,0	75	143	20	2,990	0,184
12. „	1025	6750	1,780	6,58	10,2	8,0	8,7	20,0	78	150	20	2,960	0,180
14. „	1040	6925	1,782	6,65	9,7	7,0	8,9	20,0	74	139	16	2,904	0,178
15. „	1075	7160	1,781	6,66	9,8	8,0	8,8	19,0	69	147	16	2,830	0,449
16. „	950	6400	1,785	6,73	9,8	8,0	9,2	19,0	70	132	16	2,884	0,341
	5140	34235	1,781	6,65			8,54	19,4	73,2	142,2	17,6	2,914	0,266.

Verbrannte Steinkohle . .		5140 Kilogr.
Gebundenes Wasser	139	839 „
Rückstände, trocken	700	
Kohlenmenge, rein, trocken		4301 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . .	34235 Liter.
Correction wegen 19,4° W.	1022 „
Wasser von 0°	33213 Liter.

1 Kilogramm reine Kohle hat verdampft 7,72 Kilogr. Wasser von 0°.

Gefundener Sauerstoff . . .	8,6
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase . .	6,3.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	30,0
Kohlensäure	12,7
Stickstoff und brennbare Gase	57,3
	100,0.

10300 Liter Luft pro Kilogramm rohe Kohle,
11800 „ „ „ „ reine „

Temperatur des Rauches	142°
Correction	14°
effective Temperatur	156°.

Constante beim Manometer		4,126
Wassersäule =	0,222	0,488
Quecksilbersäule	0,266	
Absolute Kesselspannung		3,638 Meter,

entsprechend 151° oder 4,8 Atmosphären.

Steinkohle von Blanzy (ordinäre von Montceau).

Wasser	4,97
Kohlenstoff	66,60
Wasserstoff	4,43
Asche	10,28
Stickstoff und Sauerstoff	13,72
	100,00.

Beobachtetes Heizvermögen 7067 Calorieen,
Theoretisches „ 8325 „

7220 Kilogr. Kohle hinterließen 985 Kilogr. Rückstände mit

Wasser . . .	12,3
Kohlenstoff . .	8,82
Erdigen Theilen	79,15
	100,00.

Tabelle X. Steinkohle von Blanzy mit 12 Proc. Aschengehalt. September 1868.

Datum	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser in Kilogr.	Verdampftes Wasser: Product der Pumpe. Liter.	Verdampftes Wasser: Bruttoleistung.	Sauerstoffgehalt der Gase: Maximum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Minimum des Tages.	Sauerstoffgehalt der Gase: Durchschnitt.	Temperatur in Centrigraden: des Wassers.	Temperatur in Centrigraden: des Vorwärmers.	Temperatur in Centrigraden: des Rauches.	Temperatur in Centrigraden: der Luft.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Wassersäule.	Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren: Quecksilbersäule.
24. Sept.	1075	6995	1,773	6,66	8,7	6,5	7,5	17,5	66	147	17	2,849	0,355
25. „	1195	7555	1,779	6,45	8,9	6,1	7,9	19,0	65	169	18	2,803	0,500
26. „	900	5725	1,775	6,49	8,0	6,5	7,0	19,0	65	160	17	2,928	0,316
27. „	900	5725	1,778	6,49	8,5	6,5	7,0	19,0	64	166	19	2,873	0,375
	4070	26000	1,776	6,52			7,3	18,6	65	160	17,7	2,863	0,386.

Verbrannte Kohle		4070 Kilogr.,
Hygroskopisches Wasser	200	
Trockne Rückstände .	480	680 „
Kohlenmenge, rein, trocken .		3390 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . .	26000 Liter,
Correction wegen 18,6° W. .	740 „
Verdampftes Wasser von 0°	25260 Liter.

1 Kilogr. reine Steinkohle hat verdampft 7,41 Liter Wasser von 0°.

Gefundener Sauerstoffgehalt	7,3
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase .	5,0.

Zusammensetzung der Feuergase:

Ueberschüssige Luft	23,9
Kohlensäure	14,0
Stickstoff und brennbare Gase	62,1
	100,0.

oder 8700 Liter Luft pro Kilogramm rohe Kohle,
10200 „ „ „ reine „

Temperatur des Rauches	160°
Correction	16°
effective Temperatur	176°.

Constante beim Manometer . . .		4,126 Meter,
Abzuziehende Wassersäule	0,221	
„ Quecksilbersäule	0,386	0,607 „
Absolute Dampfspannung		3,519 Meter,

entsprechend 149° oder 4,6 Atmosphären.

Kohle von Blanzy (Kleinkohle vom Marlboroughflötz, anthracitische Flammkohle).

Analyse.

Wasser	2,01
Kohlenstoff	67,04
Wasserstoff	3,61
Asche	20,95
Sauerstoff und Stickstoff	6,39
	100,00.

Gefundenes Heizvermögen 7123 Calorieen,
Theoretisches „ 9100 „

10155 Kilogramm Kohle hinterließen 2695 Kilogr. Asche mit

Wasser . . .	9,90
Kohlenstoff . .	10,79
Erdigen Theilen	79,31
	100,00.

Tabelle XI. Anthracitische Kohle von Blanzy mit 24,4 Proc. Asche. October 1868.

Datum.	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser			Sauerstoffgehalt der Gase.			Temperatur in Centrigraden				Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren	
		in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Wassersäule.	Quecksilbersäule.
29. Sept.	880	6080	1,778	6,90	9,1	8,0	8,7	18,0	67	168	19	2,871	0,376
30. „	1062	7080	1,776	6,66	9,5	8,1	8,8	18 0	64	182	17	2,907	0,470
1. Oct.	1000	6700	1,775	6,70	11,0	7,2	9,1	18,0	64	182	15	2,848	0,414
2. „	1000	6800	1,775	6,80	10,2	7,2	8,7	17,0	62	170	14	2,885	0,350
	3942	26660	1,776*)	6,76			8,7	17,7	64,2	175	16,2	2,877	0,402.

Verbrannte Kohle		3942 Kilogr.,
Hygroskopisches Wasser	78	903 „
Rückstände getrocknet	825	
Verbrannte Kohle, netto . .		3039 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . .	26660 Liter,
Correction wegen 17,7° W. .	610 „
Verdampftes Wasser bei 0° .	26050 Liter.

1 Kilogr. reine Steinkohle hat verdampft 8,69 Liter Wasser von 0°.

Sauerstoff in den Gasen . .	8,7
Correction	2,3
effectiver Sauerstoffgehalt	6,4.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	30,5
Kohlensäure	12,6
Stickstoff und brennbare Gase	57,9
	100,0.

oder 10200 Liter Luft pro Kilogramm rohe Kohle,
13200 „ „ „ reine „

Temperatur des Rauches	175°
Correction	17°
effective Temperatur	192°.

Constante beim Manometer . . .		4,126 Meter,
Abzuziehende Wassersäule	0,220	0,622 „
„ Quecksilbersäule	0,402	
Absolute Spannung im Kessel . .		3,504 Meter,

entsprechend 149° oder 4,58 Atmosphären.

Kohle von Creusot.

Unsere Versuche beziehen sich blos auf die anthracitische Sorte, welche meist im Gemenge mit Ronchamper Kohle gebrannt wird, weil die Zuthat fetter Kohle die Verbrennung sehr erleichtert. Wir haben daher auch nur einen Versuch mit bloßer Kohle von Creusot und zwei Versuchsreihen mit dem Gemenge von 1/3 Kohle von Ronchamp auf 2/3 Anthracit von Creusot angestellt.

Da die uns von der Grube gesandte Lowry Kohle von ganz ausnahmsweiser Reinheit enthielt, so haben wir, um Kohle von der gewöhnlichen Beschaffenheit zu erhalten, uns an die Herren Gros, Roman, Marozeau u. Co. zu Wesserling wegen Ueberlassung einer Lowry solcher Kohle gewendet, so daß wir auch über derartige Kohle Versuche machen konnten.

Der erste Versuch wurde mit der uns zugegangenen reinen Kohle gemacht und lieferte folgende Data.

Datum 14. bis 16. October 1868.

Kohlenquantum brutto	1158 Kilogr.
Verdampftes Wasser	9717 Liter.
„ „ pro Kilogr. Kohle .	8,41 „
Sauerstoff in den Gasen, max. . . .	15,0
min. . . .	11,3
Mittel . . .	12,4
Temperatur des Wassers	16°
„ „ Vorwärmers	72
„ „ Rauches	144
Abzuziehende Wassersäule	2,830 Meter.
„ Quecksilbersäule	0,395 „
Verbliebene Asche und Schlacke . . .	105 Kilogr.
Mittlere Lufttemperatur	15°.

Um diese Kohle unter dem Kessel verbrennen zu können, haben wir sie in Stücke von Nußgröße zerschlagen und die Zwischenräume des Rostes auf 4 Millim. vermindern müssen, auch mußte die Kohlenschicht sehr dünn gehalten und ein sehr kräftiger Zug gegeben werden, doch gelang es nicht, mehr als 600 Kilogr. in 12 Stunden zu verfeuern und ebensowenig eine reine Verbrennung der Kohle.

*) Die Pumpe ist in der Nacht vom 30. September leer gegangen und das Sinken ihrer Leistung muß von einer gegen Ende September erfahrenen Beschädigung herrühren.

Analyse der Kohle.

Wasser	1,79
Kohlenstoff	87,38
Wasserstoff	3,46
Asche	3,63
Stickstoff und Sauerstoff	3,74
	100,00.

Gefundenes Heizvermögen 8949 Calorieen,
Theoretisches „ 9412 „

Analyse der Asche.

Wasser . .	1,15
Kohlenstoff .	39,40
Erdige Theile	59,45
	100,00.

Rechnet man hier wie bei anderen Kohlen 12 Procent Kohlengehalt in den Aschen, so steigt die Verdampfung pro Kilogramm rohe Kohle auf 8,65 Liter.

Verbrannte Kohle		1158,0 Kilogr.
Hygroskopisches Wasser	20,5	124,3 „
Asche	103,8	
Verbrannte Kohle (netto) . .		1033,7 Kilogr.

Verdampftes Wasser	9717 Liter,
Correction wegen 16°	314 „
Wasser bei 0°	9403 Liter.

1 Kilogr. reine Kohle verdampft 9,15 Liter Wasser von 0°.

Gefundene Sauerstoffmenge .	12,4
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase .	10,1.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	47,6
Kohlensäure	8,9
Stickstoff und brennbare Gase	43,5
	100,0

oder 16700 Liter Luft pro Kilogramm Kohle (brutto),
17680 „ „ „ „ (netto).

Temperatur des Rauches	144°
Correction	14
Effective Temperatur .	158°.

Constante beim Manometer . .		4,126 Meter,
Wassersäule =	0,215	0,610 „
Quecksilbersäule =	0,395	
Absolute Spannung der Dämpfe		3,516 Meter,

entsprechend 149° oder 4,6 Atmosphären.

Gemenge von Kohle von Creusot und Ronchamp. 1. Versuch.

Analyse.

Wasser	1,50
Kohlenstoff	82,60
Wasserstoff	3,50
Asche	7,95
Sauerstoff und Stickstoff	4,45
	100,00.

Die Verbrennungswärme berechnet sich für das Gemenge auf 9310 Calorieen pro Kilogramm reine Kohle.

7500 Kilogr. Kohle hinterließen 1043 Kil. Asche mit

Wasser . . .	4,00
Kohlenstoff . .	25,30
Erdigen Theilen	70,70
	100,00.

Tabelle XII. Kohle gemengt aus $^2/_3$ Anthracit von Creusot und $^1/_3$ Ronchamp mit 13,4 Proc. Asche.

Datum	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser			Sauerstoffgehalt der Gase.			Temperatur in Centigraden				Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren	
		in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Wassersäule.	Quecksilbersäule.
16. Oct.	766	6505	—	8,50	12,0	9,4	10,2	15,7	77	137	13	2,933	0,245
17. „	800	7025	—	8,78	10,3	9,0	9,7	15,3	63	124	14	2,926	0,235
19. „	700	6175	—	8,82	10,3	8,0	9,9	15 5	66	128	11	2,860	0,400
20. „	860	7425	—	8,63	11,4	9,0	9,9	14,7	64	139	5,5	2,825	0,460
	3126	27130	—	8,71			9,9	15,3	67	132	10,7	2,886	0,334.

Verbrannte Kohle		3126 Kilogr.
Hygroskopisches Wasser	45	465 „
Asche, getrocknet . .	420	
Verbrannte Kohle, netto . . .		2661 Kilogr.

Verdampftes Wasser . . .	27130 Liter,
Correction wegen 15,3° . .	760 „
Verdampftes Wasser bei 0°	26370 Liter.

1 Kilogramm reine Steinkohle hat verdampft 9,83 Liter Wasser von 0°.

Gefundene Sauerstoffmenge	9,9
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase	7,6.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	36,2
Kohlensäure	11,4
Stickstoff und brennbare Gase	52,4
	100,0

oder 13600 Liter Luft pro Kilogramm Steinkohle, brutto,
14800 „ „ „ „ netto.

Temperatur des Rauches	132°
Correction	13°
effective Temperatur	145°.

Constante beim Manometer . . . . . 4,126 Meter,
Abzuziehende Wassersäule 0,222 Met. } 0,556 „
„ Quecksilbersäule 0,334 „ }
Absolute Spannung im Kessel . . . . 3,570 Meter,
entsprechend 150° oder 4,71 Atmosphären.

Kohle von Creusot und Ronchamp. 2. Versuch.

Zu diesem Versuche ward die gewöhnliche Kohle von Creusot verwendet, welche

9,56 Rückstände und
1,40 Wasser

enthält und daher nach der Analyse beim 1. Versuche zusammengesetzt ist, aus:

Wasser	1,40
Kohlenstoff	82,10
Wasserstoff	3,20
Rückstände	9,56
Stickstoff und Sauerstoff	3,74
	100,00.

Das Gemenge aus 2/3 dieser Kohle und 1/3 Kohle von Ronchamp berechnet sich demgemäß auf:

Wasser	1,30
Kohlenstoff	78,90
Wasserstoff	3,40
Rückstände	11,85
Stickstoff und Sauerstoff	4,55
	100,00.

Verbrennungswärme der reinen Kohle 9310 Calorieen.
9120 Kil. Steinkohle hinterließen 1650 Kil. Rückstände mit

Wasser	13,5
Kohlenstoff	18,5
Erdigen Theilen	68,0
	100,0.

Tabelle XIII. Gemenge aus 2/3 Anthracit von Creusot und 1/3 Kohle von Ronchamp, enthaltend 15,9 Procent Asche. 2. Versuch. October 1868.

Datum	Steinkohlenmenge. Kilogr.	Verdampftes Wasser			Sauerstoffgehalt der Gase.			Temperatur in Centigraden				Von der Länge 4,126 Met. am Manometer ist zu subtrahiren	
		in Kilogr.	Product der Pumpe. Liter.	Bruttoleistung.	Maximum des Tages.	Minimum des Tages.	Durchschnitt.	des Wassers.	des Vorwärmers.	des Rauches.	der Luft.	Wassersäule.	Quecksilbersäule.
21. Oct.	900	7258	1,782	8,06	10,7	9,2	10,2	13,5	63	152	5,5	2,960	0,255
22. „	925	7275	1,758	7,86	10,2	8,9	9,2	13,5	62	137	6,5	2,870	0,400
23. „	852	7125	?	8,36	11,2	8,8	9,8	11,7	61	143	6,5	2,950	0,260
24. „	977	7815	1,774	8,00	10,7	8,3	9,7	13,0	63	148	11,0	2,900	0,225
26. „	912	7875	1,787	8,63	9,8	8,1	9,0	15,0	61	148	11,0	2,780	0,485
	4566	37348		8,12			9,5	13,3	62	145	8	2,890	0,325.

Verbrannte Kohle . . . . 4566 Kilogr.,
Hygroskopisches Wasser 64 } 794 „
Rückstände, getrocknet 730 }
Verbrannte Kohle, netto . . 3772 Kilogr.
Verdampftes Wasser . . . 37348 Kilogr.,
Correction für 13,3° . . . 760 „
Verdampftes Wasser bei 0° . 36558 Kilogr.
1 Kilogr. reine Kohle hat verdampft 9,68 Lit. Wasser von 0°.

Gefundene Sauerstoffmenge	9,5
Correction	2,3
Sauerstoffgehalt der Gase	7,2.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

Ueberschüssige Luft	34,2
Kohlensäure	11,8
Sauerstoff u. brennbare Gase	54,0
	100,0

oder 12700 Liter Luft pro Kilogr. Steinkohle, brutto,
14300 „ „ „ „ netto.

Temperatur des Rauches	145°
Correction	14°
effective Temperatur	159°.

Constante beim Manometer . .	4,126	Meter,
Wassersäule in Quecksilber 0,221 } Quecksilbersäule . . . 0,325 }	0,546	„
Absolute Spannung im Kessel .	3,580	Meter,

entsprechend 150° und 4,71 Atmosphären.

Versuch mit Holzkohle.

Zur Controle haben wir auch einen Versuch mit Holzkohle angestellt, weil man dieselbe leicht rein erhalten kann und ihr Heizvermögen genau bestimmt ist, weil zweitens bei diesem Brennmateriale kein Zweifel über die Natur der Verbrennungsgase besteht, und weil drittens die Verbrennung der Holzkohle leicht zu bewirken ist, auch keine Rückstände dabei fallen. Die von uns verwendete Kohle war gut bereitet (in geschlossenen Gefäßen), enthielt kein Wasserstoffgas und war vollkommen trocken.

Verbrannte Holzkohle . . .	3410	Kilogr.,
Rückstände	17	„
reine Kohle	3393	Kilogr.
Verdampftes Wasser . . .	26519	Liter,
Correction wegen 18° . . .	619	„
Verdampftes Wasser von 0°	25900	Liter.

1 Kilogr. Holzkohle hat verdampft 7,62 Liter Wasser von 0°.

Temperatur der äußeren Luft . . .	6°
„ des Speisewassers . . .	18°
„ „ Dampfes	150°
„ „ Rauches, 155°, corr.	170°
Sauerstoffgehalt der Gase 11,2, corr.	8,9

Die Zusammensetzung der Gase ist hiernach:

Ueberschüssige Luft	42,5
Kohlensäure . .	10,1
Stickstoff . . .	47,4
	100,0.

Die vollständige Analyse der Verbrennungsgase ergab:

Stickstoff . . .	79,75
Sauerstoff . . .	8,72
Kohlensäure . .	11,16
Kohlenoxydgas .	0,37
	100,00.

Dauer der Auffangung = 1 Stunde.

Die Verbrennungsgase der Steinkohle müssen Hydrocarbure enthalten, wie daraus folgt, daß die Volumen-Analyse, bei welcher blos das Kohlenoxyd absorbirt wird, eine wesentlich niedrigere Zahl gab, als aus der Analyse mittelst Wägens folgt. Letztere Methode giebt in der That allen in den Gasen dampfförmig enthaltenen Kohlenstoff als Kohlensäure, in welchem Zustande er sich auch befinden möge.

Bei der Holzkohle, deren Gase frei von Hydrocarbüren sind, stimmen dagegen die beiden Methoden der Analyse überein, was für ihre Richtigkeit spricht. Da nach der Wägung 0,4297 Kohlensäure im Gas enthalten waren, aus dem Kohlenoxyd 0,0140 entstanden, so folgt, daß 3,2 Proc. des verbrannten Kohlenstoffes im Zustande des Kohlenoxydes entwichen sind.

Für 1 Kilogr. Holzkohle wurden 18500 Liter Luft verbraucht.

Verschiedene Versuche und Beobachtungen.

Absatz von Ruß an den Vorwärmern.

Gewisse Kohlensorten rußten so stark, daß der Einfluß des auf die Vorwärmer niedergeschlagenen Rußes auf den Heizeffect sehr merkbar war, z. B. die Friedrichsthaler Steinkohle, bei welcher Folgendes beobachtet wurde.

Am 17. Mai begann der Versuch mit einer Verdampfung von 6,46 Liter pro Kilogramm Kohle bei 64° Temperatur des Wassers im Vorwärmer. Allmälig nahm die Leistung ab und betrug am 22. nur noch 6 Liter bei 53° Wärme des Wassers. Dies lag an der Bedeckung der Vorwärmer mit Ruß in Folge ungenügenden Luftzutrittes [22 bis 25 Procent überschüssige Luft, während diese Kohle mehr verlangt*)]. Sobald die Vorwärmer abgeputzt waren, stieg die Verdampfung auf 6,5 Liter und die Wärme des Wassers im Vorwärmer auf 77°. Demgemäß muß auf Reinhaltung der Vorwärmer von Ruß gesehen werden.

Temperatur des Wassers in den Vorwärmerohren.

Mittelst der Hähne r, r', r'' haben wir beobachtet, daß die Temperatur des Wassers in der Richtung seiner Strömung regelmäßig zunimmt. Bei einem Versuche zeigte das Speisewasser 20° im Reservoir, 30° beim Austritte aus dem ersten Rohre r, 50° beim Austritte aus dem dritten Rohre r', 67° beim fünften Rohre r'' und 70° beim Eintritte in den eigentlichen Kessel.

*) Bei 21 Procent überschüssiger Luft betrug die Zusammensetzung der Gase

Kohlensäure	17,75
Sauerstoff	4,59
Kohlendampf	0,71
Wasserstoff	0,86
Stickstoff	80,09
	100,00.

Einfluß des Luftzutrittes auf die Leistung.

Bereits wurde der großen Differenzen gedacht, welche durch ungleichmäßige Luftzuführung entstehen können. Hier ist aber auch der Einfluß der absoluten Luftmenge zu besprechen, eine Frage, über welche die Burnat'schen Versuche viel Licht verbreitet haben. Sie bewiesen, daß es für Kessel ohne Vorwärmer vortheilhaft ist, dem Roste nur ein beschränktes Luftquantum zuzuführen, während bei Kesseln mit Vorwärmern ein beträchtlicheres Luftquantum gegeben werden muß. Unsere Versuche zeigen, daß innerhalb gewisser Grenzen die Verdampfung der zugeführten Luftmenge proportional ist, was wir am besten an den Versuchen mit der Friedrichsthaler Kohle darlegen können, da diese leicht destillirende und deshalb leicht rußende und brennbare Gase entwickelnde Rußkohle hierin sehr merkwürdige Resultate giebt.

In nachstehender Tabelle ist die pro Kilogramm Kohle (brutto) verdampfte Wassermenge und die zugeführte Luftmenge nebeneinandergestellt.

Steinkohle von Friedrichsthal.

Datum.	Ueberschüssige Luftmenge in den Gasen.	Bruttoleistung.
25. April.	40 Procent.	6,80
17. „	36 „	6,46
24. „	30 „	6,38
21. „	27 „	6,19
18. „	27 „	6,23
20. „	24 „	5,68
22. „	23 „	5,80

Weniger auffallend zeigt sich dieses Verhältniß bei der Steinkohle von Altenwald, für welche nachstehende Data gesammelt wurden.

Kohle von Altenwald.

Datum.	Ueberschüssige Luftmenge.	Bruttoleistung.
28. Mai.	35 Procent.	7,06
„		6,79
23. „	33 „	7,28
22. „	32 „	7,02
29. „	30 „	6,79
27. „	28 „	6,85
25. „	25 „	6,71
26. „	23 „	6,66.

Im Allgemeinen wurde das Maximum der Verdampfung erhalten, wenn die Verbrennungsgase noch ca. ein Drittel unverbrannte Luft enthielten. Dieses Resultat stimmt übrigens auch mit den Ergebnissen der Untersuchungen über die Zusammensetzung der Gase*), indem sich hierbei ergab, daß der Gehalt an brennbaren Gasen mit zunehmender Menge von Luft abnimmt, bis dieses Luftquantum das theoretische Quantum um ein Drittel übertrifft, während über dieses Verhältniß hinaus keine merkliche Abnahme der brennbaren Gase stattfindet. Die angemessene Luftmenge beträgt also 11 bis 12 Cubikmeter pro Kilogramm Kohle (brutto).

Störung in der Luftzuführung beim Oeffnen der Feuerthüre.

Zur Bestimmung der durch die geöffnete Feuerthüre eintretenden Luftmenge benutzten wir ebenfalls die Gasanalyse und stellten in dieser Beziehung zwei Beobachtungen in extremen Stadien, die eine kurz vor, die andere kurz nach der Reinigung des Rostes an, bemerkten auch zugleich die Zahl der in 12 Stunden gemachten Aufschüttungen und die Dauer des Offenstehens der Thüren.

Wie vorauszusehen, ist der Unterschied in der Zusammensetzung der Gase vor dem Reinigen, wo die Aspiration kräftiger ist, größer als nach demselben.

Sauerstoffgehalt der Gase.

	Vor dem Reinigen. Ofenthüre geschlossen,	Vor dem Reinigen. Ofenthüre offen.	Nach dem Reinigen. Ofenthüre geschlossen,	Nach dem Reinigen. Ofenthüre offen.
1. Versuch	4,2	14,5	3,9	9,6
2. Versuch	3,7	13,7	3,7	9,1
Mittel	3,9	14,1	3,8	9,3.

Demnach enthalten die Verbrennungsgase bei offenstehender Ofenthüre 67 Procent an überschüssiger Luft, bei geschlossener Thüre aber nur 18 Procent und nach dem Schlacken des Rostes betrugen diese Luftquantitäten resp. 44 und 18 Procent, so daß im ersten Falle 49, im zweiten 26 Procent überschüssige Luft durch die offene Ofenthüre eindringen, während für den gewöhnlichen Betrieb etwa 37 bis 38 Procent anzunehmen sind.

Bei einem täglichen Kohlenverbrauche von 1080 Kilogrammen betrug die Zahl der Aufschüttungen 120, also jedesmal 9 Kilogr. und außerdem wurde 15 Mal geöffnet zur gleichmäßigeren Verbreitung der Kohlen über den Rost. Jedes Aufschütten dauerte 15 Secunden, das Durchkrählen 25 Secunden, so daß in 12 Stunden die Ofenthüre überhaupt 1 Stunde 32 Minuten 30 Secunden offenstand, ungerechnet 3 Minuten zum Abstoßen der Schlacken.

Rechnet man 10 Cubikmeter Luft pro Kilogr. Steinkohle, so steigt dieses Quantum bei geöffneter Thüre auf 15 Cubikmeter und es werden daher in 12 Stunden an Luft gebraucht

*) Bull. de la Soc. ind. (Sitzung vom 26. Febr. 1868, Tabelle auf S. 318, Civilingenieur, Bd. XV, S. 151).

10,5 . 10 = 105 Cubikmeter,
1,5 . 15 = 22,5 „
127,5 Cubikmeter,

was pro Kilogramm Steinkohle 10600 Liter oder ca. 6 Procent mehr, als beabsichtigt, beträgt.

Aus diesen Angaben erhellt, daß von der mechanischen Beschickung des Rostes, abgesehen von der Ersparniß an Handarbeit, kein wesentlicher Erfolg zu hoffen stünde, denn die gasförmigen Verbrennungsproducte entführen höchstens 10 Procent der Wärmemenge.

Einfluß der Rostbreite und Kessellänge.

Nachfolgende Angaben sind besonders zuverlässig, da sie aus den Büchern der Fabrik des Herrn Karl Kestner ausgezogen sind. Die Versuche datiren aus den Jahren 1866 und 1867 und sind mehrere Monate lang an denselben Kesseln, deren wir uns bedient haben, durchgeführt worden.

Beim Bau hatte dieser Kessel absichtlich blos 1 Meter Rostbreite (Fig. 9) und 5,55 Meter Kessellänge erhalten und ist nachher 3 Monate lang so in Gang gewesen. Kohle und Rückstände wurden sorgfältig gewogen, das Wasser mittelst des Speisewasserbassins und Spielzählers gemessen. Als Kohle wurde diejenige von Ronchamp verwendet. Man fand:

Verbrauchte Steinkohle . . .	137965 Kilogr.
Verbleibende Rückstände . . .	35600 „
Kohlenquantum, netto . . .	102365 Kilogr.
Verdampftes Wasser	783139 Kilogr.
Temperatur des Wassers . . .	9,8°
„ der Gase (corr.) . .	183°
Verdampftes Wasser pro Kilogr.	7,69 Kilogr.

Nach dieser Zeit wurde der Rost auf 1,4 Meter verbreitert, so daß er nahezu (Fig. 10) die ganze Projection der drei Siederohre umfaßte.

Nach dieser Abänderung wurde 2 Monate hindurch beobachtet, um den Einfluß der Rostbreite kennen zu lernen, und man erhielt:

Verbrannte Steinkohlen . . .	83620 Kilogr.
Verbliebene Rückstände . . .	19300 „
Steinkohlenquantum, netto . .	64320 Kilogr.
Verdampftes Wasser	534135 Liter.
Temperatur des Wassers . . .	9,7°
„ der Gase (corr.) . .	191°
Verdampftes Wasser pro Kilogr.	8,35 Kilogr.

Somit ist durch Verbreiterung des Rostes die Verdampfungsfähigkeit des Kessels von 7,69 auf 8,35 oder um $8^1/_2$ Procent gesteigert worden, was durch die bessere Ausnutzung der strahlenden Wärme genügend erklärt wird. Eine weitere Verbreiterung des Rostes gab dagegen keine günstigen Resultate, vielmehr sank die Leistung.

Da nun die Leistung des Kessels noch keine befriedigende genannt werden konnte, wenn man sie mit den Resultaten anderer ähnlicher Kessel verglich, so wurde die Länge des Kessels und der Vorwärmer von 5,5 auf 6,5 Meter vergrößert, worauf sich sogleich folgende günstigere Leistungen herausstellten.

In den ersten 4 Monaten nach der Abänderung betrug

die verbrannte Kohlenmenge . .	157990 Kilogr.,
der verbliebene Rückstand . . .	36500 „
demnach reine Kohle	121490 Kilogr.,
die verdampfte Wassermenge . .	1127262 Kilogr.,
die Temperatur des Wassers .	10,3°
die Dampfspannung	$4^1/_2$ bis 5 Atmosph.
die Temperatur der Gase (corr.)	143°
die Leistung des Kessels . . .	9,25 Kilogr.

Hiernach ist die pro Kilogramm reiner Steinkohle verdampfte Wassermenge in Folge der Verlängerung des Kessels von 8,35 auf 9,25 Kilogr. oder um ca. 10,5 Procent gestiegen, während die Temperatur der abziehenden Gase um 50° sank.

Diese Ergebnisse stimmen vollständig mit denen des Herrn Marozeau, welcher 6 bis 6,5 Meter als die vortheilhafteste Länge der Kessel erkannt hat.

Einfluß des Vorwärmers.

Hierüber wurde in der Art ein Versuch angestellt, daß der verlängerte Kessel einen Monat lang ohne Vorwärmer in Betrieb erhalten wurde. Die Einwirkung des Vorwärmers ist jederzeit aus der Temperatur zu erkennen, mit welcher das Speisewasser in den Kessel tritt, und nach den Burnat'schen Versuchen bewirkt ein Vorwärmer mit einer $1^1/_2$mal so großen Oberfläche als die Heizfläche des Kessels eine Ersparniß von 8 bis 10 Procent. In dem Kestner'schen Etablissement, wo die Vorwärmer sogleich nach Veröffentlichung der Burnat'schen Versuche aufgestellt wurden, haben sie 10 Proc. Ersparniß bewirkt, es erschien jedoch die specielle Prüfung ihres Einflusses angezeigt, und es wurde daher mit demselben Kessel, welcher 9,25 Liter Wasser pro Kilogramm reine Steinkohle verdampfte, einen Monat lang ohne Vorwärmer gearbeitet, wobei sich Folgendes ergab:

Verbrannte Steinkohle	45830 Kilogr.
verbliebene Rückstände	9500 „
daher reine Kohle	36330 Kilogr.
Verdampftes Wasser	299200 Liter,
Temperatur des Wassers . . .	10,0°
Spannung der Dämpfe	$4^1/_2$ bis 5 Atmosph.
Leistung pro Kilogr. Kohle . . .	8,35 Liter.

Hiernach ist durch Ausschaltung des Vorwärmers die Verdampfung pro Kilogramm reine Kohle von 9,25 auf 8,35 Liter, d. i. um $9\frac{1}{2}$ Procent gefallen.

Es erklärt sich dieser Umstand durch folgende Rechnung. Da die Temperatur des Wassers im Vorwärmer 70° und diejenige im Speisewasserbassin 10° beträgt, so gewinnt das Wasser im Vorwärmer 60 Calorieen. 1 Kilogr. Dampf hat aber an Wärme absorbirt:

$$606{,}5 + 0{,}305\,(150 - 10) = 649{,}2 \text{ Calorieen},$$

folglich geben die Vorwärmer $\frac{60}{649{,}2} . 100 = 9\frac{1}{4}$ Procent der Verdampfungswärme her.

Durchschnittliche Leistung der Kestner'schen Kessel beim regelmäßigen Betriebe.

Da in dem Kestner'schen Etablissement über die verdampfte Wassermenge nach Anhalten des Spielzählers und über die Temperatur der in den Schornstein abziehenden Gase nach täglich zweimaligen Beobachtungen Register geführt wird, so hat man eine sehr hohe Verdampfung erzielt und das Interesse der Heizer geweckt; es wird also noch ein Wort über den dortigen Kesselbetrieb zu sagen sein.

Die Kessel sind mit drei Siederohren und Vorwärmern versehen, wie der Versuchskessel, arbeiten Tag und Nacht und werden nur mit 0,28 Kilogr. Steinkohle pro Stunde und Qu.-Decimeter Rostfläche, oder mit 0,7 Kilogr. pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche (incl. derjenigen der Vorwärmer) geheizt. Unter solchen Verhältnissen ist der Heizer keineswegs angestrengt, kann vielmehr mit aller Aufmerksamkeit auf guten Erfolg hinarbeiten.

Nachstehende Tabelle enthält die Resultate eines 4jährigen Betriebes, bei welchem nur mit Kohle von Ronchamp und mit Dampfspannungen von 4 bis 5 Atmosphären gearbeitet wurde, so daß diese Resultate sich mit denjenigen unserer Versuche ohne Weiteres vergleichen lassen.

Jahr.	Verbrannte Steinkohle. Kilogr.	Verdampftes Wasser. Liter.	Temperatur des		Rückstände gewogen in Procenten.	Leistung pro Kilogr. Steinkohle		
			Wassers. Centigrad.	Rauches.		brutto.	Kohle netto Wasser brutto.	Kohle netto Wasser auf 0° red.
1864	1031080	7476089	21,8	178	21,3	7,23	9,18	8,91
1865	1070365	7420306	17,8	227	22,1	6,93	8,90	8,74
1866	1107255	7767085	13,6	170	23,6	7,01	9,55	8,97
1867	1142395	8177313	12,5	179	22,6	7,15	9,21	9,05.

Bei unseren Versuchen ist trotz der sorgfältigsten Aufsicht die Leistung höchstens um 2 bis 3 Procent größer gefunden worden, als des Nachts, wo der Heizer sich selbst überlassen war.

Ueber die Vertheilung der Wärme. Bestimmung der Verluste durch Strahlung und Absorption des Mauerwerkes.

Im Nachstehenden soll zunächst an der Kohle von Ronchamp ausführlich der Gang unserer Rechnung dargelegt, für die übrigen Kohlensorten aber nur das Resultat dieser Erörterungen mitgetheilt werden. Da wir alle zur Ermittelung der einzelnen Wärmeverluste erforderlichen Data gesammelt zu haben glauben, mit Ausnahme der in das Mauerwerk übergehenden Wärmemenge, so erlauben wir uns, den Rest der Wärmeverluste auf letztere Verlustquelle zu schieben.

1. Kohle von Ronchamp, erste Reihe.

Nach Regnault beträgt die in einem Kilogramm Dampf von der Temperatur t enthaltene Wärmemenge:

$$606{,}5 + 0{,}305\,t \text{ Calorieen};$$

da nun der Dampf 148° Wärme zeigte, so enthielt er

$$651{,}6 \text{ Calorieen}$$

und hiervon ist die Wärmemenge abzuziehen, welche das Speisewasser besaß (10,8°). 1 Kilogramm Kohle hatte also an das Wasser abzugeben:

$$606{,}5 + 0{,}305 . 148 - 10{,}8 = 640{,}8 \text{ Calorieen}.$$

Wenn nun 8,72 Kilogr. Wasser pro Kilogr. Steinkohle verdampft wurden, so sind von 1 Kilogr. Kohle abgegeben worden:

$$8{,}72 . 651{,}6 = 5681 \text{ Calorieen}.$$

Da ferner die specifische Wärme des Stickstoffes und der atmosphärischen Luft nach Regnault zwischen 0 und 200° 0,237, und diejenige der Kohlensäure 0,217 beträgt, so ergiebt sich für die Differenz zwischen der Luft- und Rauchtemperatur von 127,5° und unter Annahme eines gleichen Gewichtes der Luft und des Stickstoffes von 1,127 Gramm pro Liter und der Kohlensäure von 1,966 Gramm pro Liter die in den Verbrennungsgasen abziehende Wärmemenge, wie folgt:

$10{,}170 . 1{,}127 . 0{,}237 . 127{,}5 + 1{,}630 . 1{,}966 . 0{,}217 . 127{,}5 = 395$ Calorieen.

Nach dem Früheren ist 6 Procent von der nach dem Kohlenstoffgehalte der Steinkohle und 16 Procent von der nach dem Wasserstoffgehalte derselben berechneten Wärme als Verlust durch die brennbaren Gase anzusehen, demnach beziffert sich, da die reine Steinkohle 0,8743 Kohlenstoff und 0,0456 Wasserstoff enthält, die in den brennbaren Gasen entweichende Wärmemenge auf:

$0{,}06 . 0{,}8743 . 8083 + 0{,}16 . 0{,}0456 . 35000 = 679$ Calorieen.

Durch Bildung von Ruß geht 1 Procent des Kohlenstoffes verloren, also

$0{,}01 . 7067 = 70$ Calorieen.

Wegen des Wassergehaltes der rohen Kohle von 0,66 Procent und des Gehaltes von Wasserstoff an 4,04 Procent, welcher 36,2 Wasser giebt, ist auf die reine Kohle 42 Proc. Wasser zu rechnen, was einem Wärmeverluste von

$0{,}42 (637 - 17{,}5 + 50 . 0{,}475) = 274$ Calorieen

entspricht.

Die von der Steinkohle entwickelte Wärme vertheilt sich also mit

5681	Calorieen auf den Dampf,
395	„ „ die Verbrennungsgase,
679	„ „ „ brennbaren Gase,
70	„ „ den Ruß,
274	„ „ die Wasserdämpfe,
7099	Calorieen,

und es sind daher von der Verbrennungswärme an 9081 Calorieen verschwunden 1982 Calorieen oder 21,8 Procent, welche in's Mauerwerk oder durch Strahlung verloren gegangen sein müssen.

2. Steinkohle von Friedrichsthal.

Aus den Beobachtungsdaten

Wassertemperatur	10,5°	
Luft „	20,6	
Dampf „	150	
Rauch „	121	
Verdampftes Wasser	7,73 Liter	pro Kilogr.
Luftverbrauch bei 0°	12200 „	reine Kohle.

berechnet sich Folgendes:

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

10715 Liter Stickstoff und Luft,
1485 „ Kohlensäure,
12200 Liter.

Wärme im Dampfe:

$606{,}5 + 0{,}305 . 150 - 10{,}5 = 648{,}6$ Calor. pro Kilogr., also $7{,}73 . 648{,}6 = 5013$ Calor. im verdampften Wasser.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

$10{,}715 . 1{,}127 . 0{,}237 = 2{,}850$ Kilogr.,
$1{,}485 . 1{,}966 . 0{,}217 = 0{,}855$ „
3,705.

$3{,}705 . 101{,}4 = 372$ Calorieen.

Wärmeverlust durch brennbare Gase.

0,7897 Kohlenstoff entsprechen	6381	Calorieen,
0,0467 „ „	1634	„
	8015	Calorieen.

6381 . 5,5 Proc. =	350	Calorieen,
1634 . 15 „ =	245	„
	595	Calorieen.

Wärmeverlust durch Ruß:

$6381 . 0{,}01 = 63$ Calorieen.

Wasserdampf im Rauche.

Bei 1 Proc. Wassergehalt und 4,1 Proc. Wasserstoffgehalt der rohen Kohle erhält man 37,9 Proc. Wasser für die rohe oder 44,3 Proc. für die reine Kohle, also den Wärmeverlust

$0{,}443 [(637 - 20{,}6) + 0{,}476 . 50] = 282$ Calorieen.

Uebersicht der Wärmevertheilung.

Dampf.	5013 Calorieen,
Gase	372
brennbare Gase . . .	595
Ruß	63
Wasserdampf im Rauche	282
	6325.

Gesammte Verbrennungswärme	8457 Calorieen,
nachgewiesene „ „	6325 „
Verlust durch das Mauerwerk	2132 Cal. oder 25,2 %.

3. Steinkohle von Duttweiler.

Unterlagen für die Rechnung:

Temperatur der Luft . .	16,4°	
„ des Wassers	13,3	
„ des Dampfes	149,5	
„ des Rauches	136	
Verdampftes Wasser . .	8,25 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchtes Luftquantum	12950 „	reine Kohle.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

11400 Liter Stickstoff und Luft,
1550 „ Kohlensäure,
12950.

Wärme im Dampfe:

$606{,}5 + 0{,}305 . 149{,}5 - 13{,}3 = 648$ Calorieen pro Liter,
$8{,}25 . 648 = 5346$ Calorieen im Ganzen.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

11,400 . 1,127 . 0,237 + 1,550 . 1,966 . 0,217 = 3,711 Kilogr. Aequivalent an Wasser, daher

3,711 . 119 = 443 Calorieen.

Wärme in den brennbaren Gasen:

0,041 . 0,8382 . 8080 + 0,1 . 0,046 . 35000 = 438 Calorieen.

Wärmeverlust durch Rußbildung:

6772 . 0,005 = 33 Calorieen

Wasserdampfgehalt des Rauches.

Aus 1,75 Proc. Wasser und 4,1 Proc. Wasserstoff in der rohen Kohle berechnen sich 45 Proc. Wasserdampf für die reine Kohle, daher der Wärmeverlust

0,450 [(637 — 16,4) + 0,475 . 50] = 283 Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	5346
Gase	443
brennbare Gase	438
Ruß	33
Wasserdampf im Rauche	288
nachweisbare Wärme	6548
Verbrennungswärme	8724
Verlust durch das Mauerwerk	2176 oder 24,9 %.

4. Steinkohle von Louisenthal.

Rechnungsunterlagen:

Temperatur der Luft	19,4°
„ des Wassers	15,6
„ „ Dampfes	149
„ „ Rauches	128
Verdampftes Wasser	7,29 Liter } pro Kilogr.
Verbrauchtes Luftquantum	10300 „ } reine Kohle.

Zusammensetzung der Verbrennungsgase:

8980 Liter Stickstoff und Luft,
1320 „ Kohlensäure,
10300 Liter

Wärme im Dampf.

(606,5 + 0,305 . 149 — 15,6) . 7,29 = 4717 Calorieen

Wärme in den Verbrennungsproducten.

109 . (8,980 . 1,127 . 0,237 + 1,320 . 1,966 . 0,217) = 315 Cal.

Wärme in den brennbaren Gasen.

0,083 . 0,7687 . 8080 + 0,18 . 0,0468 . 35000 = 802 Calor.

Wärmeverlust durch Rußbildung.

0,01 . 6149 = 61 Calorieen

Wärmeverlust durch Wasserdampf im Rauche.

Hygroskopisches Wasser	3,57
3,94 Wasserstoff	35,40
	39,0 od. 46,4 % für reine Kohle,

0,464 (637 — 19,4 + 0,475 . 50) = 295 Calorieen.

Uebersicht über die Vertheilung der Wärme:

Dampf	4717 Calorieen,
Gase	315 „
Brennbare Gase	802 „
Ruß	61 „
Wasserdampf im Rauche	295 „
nachweisbare Wärme	6190 Calorieen,
Verbrennungswärme	8215 „
Verlust durch das Mauerwerk	2025 Cal. oder 24,6 %.

5. Steinkohle von Altenwald.

Rechnungsunterlagen:

Temperatur der Luft	22,6°
„ des Wassers	19,3
„ „ Dampfes	150
„ „ Rauches	157
Verdampftes Wasser	8,27 Liter } pro Kilogr.
Verbrauchte Luft von 0°	12900 „ } reine Kohle.

Zusammensetzung der Gase:

11350 Liter Luft und Stickstoff,
1550 „ Kohlensäure,
12900 Liter

Wärme im Dampfe.

8,27 (606,5 + 0,305 . 150 — 19,3) = 5844 Calorieen.

Wärme in den Verbrennungsgasen.

134,4 (11,35 . 1,127 . 0,237 + 1,550 . 1,966 . 0,217) = 481 Cal.

Wärme in den brennbaren Gasen.

0,8274 . 8080 . 0,041 + 0,0473 . 35000 . 0,10 = 437 Calor.

Wärme im Ruß.

6685 . 0,005 = 34 Calorieen.

Wasserdampf im Rauche.

Hygroskopisches Wasser	2,54
4,26 Wasserstoff	38,26
Wassergehalt der rohen Kohle	40,80
„ „ reinen „	48,50.

0,485 (637 — 19,3 + 0,475 . 50) = 303 Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	5323 Calorieen,
Gase	481 „
brennbare Gase	273 „
Ruß	34 „
Wasserdampf im Rauche	303 „
	6414 Calorieen.
Verbrennungswärme	8633 „
Verlust durch das Mauerwerk	2219 Cal. = 26,7 %.

6. Steinkohle von der Heynitzgrube.

Unterlagen zur Berechnung:

Temperatur der Luft	20,2°	
„ des Wassers	18,4	
„ „ Dampfes	152	
„ „ Rauches	147	
Verdampftes Wasser	7,83 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft bei 0°	12200 „	reine Kohle.

10710 Liter Luft und Stickstoff } in den Gasen,
1490 „ Kohlensäure }
12200 Liter.

Wärme in den Dämpfen:

7,83 (606,5 + 0,305 . 152 — 18,4) = 4967 Calorieen.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

126,8 . (10,710 . 1,127 . 0,237 + 1,490 . 1,966 . 0,217) = 443 Cal.

Wärme in den brennbaren Gasen:

0,8049 . 8080 . 0,055 + 0,0471 . 35000 . 0,15 = 604 Calor.

Wärmeverlust durch Rußen:

6504 . 0,0075 = 49 Calorieen.

Wärmeverlust durch Wasserdampf in den Gasen.

Hygroskopisches Wasser . .	1,79
4,3 Wasserstoff	38,60
Wassergehalt der rohen Kohle	40,40
„ „ reinen „	42,0 %.

0,42 (637 — 20,2 + 0,475 . 50) = 268 Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	4967 Calorieen,
Gase	443 „
brennbare Gase	604 „
Ruß	49 „
Wasserdampf im Rauche . .	268 „
	6331 Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	8487 „
Verlust durch das Mauerwerk	2156 Cal. = 25,4 %.

7. Steinkohle von Sulzbach.

Unterlagen für die Rechnung:

Temperatur der Luft	20,6°	
„ des Wassers	18,5	
„ „ Dampfes	149	
„ „ Rauches	156	
Verdampftes Wasser	7,76 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft	12700 „	reine Kohle.

11295 Liter Luft und Stickstoff } in den Gasen,
1405 „ Kohlensäure }
12700 Liter.

Wärme im Dampfe:

7,76 (606,5 + 0,305 . 149 — 18,5) = 4915 Calorieen.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

135,4 . (11,295 . 1,127 . 0,237 + 1,405 . 1,966 . 0,217) = 486 Cal.

Wärme in den brennbaren Gasen:

0,8305 . 8080 . 0,041 + 0,0495 . 35000 . 0,10 = 450 Calorieen.

Wärmeverlust durch Ruß:

6710 . 0,005 = 33 Calorieen.

Wärmeverlust durch Wasserdampf in den Gasen.

Hygroskopisches Wasser	1,6
4,55 Wasserstoff	41,0
Wasser der rohen Kohle	42,6
„ „ reinen „	48,3

0,483 (637 — 20,6 + 0,475 . 50) = 303 Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	4915 Calorieen,
Gase	486 „
brennbare Gase	450 „
Ruß	33 „
Wasserdampf in den Gasen .	303 „
	6187 Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	8451 „
Verlust durch das Mauerwerk	2264 Cal. oder 26,7 %.

8. Steinkohle von von der Heydt.

Unterlagen zur Berechnung:

Temperatur der Luft . .	17,6°	
„ des Wassers	19,4	
„ „ Dampfes	151	
„ „ Rauches	156	
Verdampftes Wasser . .	7,72 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft . . .	11800 „	reine Kohle.

10320 Liter Stickstoff und Luft } in den Gasen,
1480 „ Kohlensäure }
11800 Liter.

Wärme im Dampfe:

7,72 . (606,5 + 0,305 . 151 — 19,4) = 4883 Calorieen.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

138,4 . (10,32 . 1,127 . 0,237 + 1,48 . 1,966 . 0,217) = 457 Cal.

Wärme in den brennbaren Gasen.

0,8156 . 8080 . 0,055 + 0,0498 . 35000 . 0,15 = 624 Cal.

Wärmeverlust durch Ruß

6602 . 0,0075 = 49 Calorieen.

Wärmeverlust durch Wasserdampf in den Gasen

Hygroskopisches Wasser . .	2,7
4,54 Wasserstoff	41,0
Wassergehalt der rohen Kohle	43,7
„ „ reinen „	50,2

$0{,}502\,(637 - 17{,}6 + 0{,}475 \cdot 50) = 321$ Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	4883 Cal.
Gase	457
brennbare Gase	624
Ruß	49
Wasserdampf in den Gasen	321
	6334.
Verbrennungswärme . .	8462
Verlust durch das Mauerwerk	2128 oder 25,1 %.

9. Steinkohle von Blanzy. (Marktkohle von Montceau.)

Unterlagen zum Berechnen:

Temperatur der Luft . .	17,7°	
„ des Wassers	18,6	
„ „ Dampfes	149	
„ „ Rauches	176	
Verdampftes Wasser . .	7,41 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft . . .	10200 „	reine Kohle.

8770 Liter Stickstoff und Luft } in den Gasen,
1430 Kohlensäure
10200 Liter.

Wärmemenge im Dampfe:

$7{,}41 \cdot (606{,}5 + 0{,}305 \cdot 149 - 18{,}6) = 4692$ Calorieen.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

$159 \cdot (8{,}77 \cdot 1{,}127 \cdot 0{,}237 + 1{,}43 \cdot 1{,}966 \cdot 0{,}217) = 476$ Calor.

Wärmeverlust durch brennbare Gase:

$0{,}7696 \cdot 8080 \cdot 0{,}08 + 0{,}0501 \cdot 35000 \cdot 0{,}18 = 816$ Calor.

Wärmeverlust durch Ruß:

$6250 \cdot 0{,}01 = 62$ Calorieen.

Wärmeverlust durch Wasserdampf in den Gasen.

Hygroskopisches Wasser . .	4,9
4,43 Wasserstoff	39,3
Wasser aus der rohen Kohle	44,2
„ „ „ reinen „	52,1.

$0{,}521\,(637 - 17{,}7 + 0{,}475 \cdot 50) = 335$ Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	4692 Calorieen,
Gase	476 „
brennbare Gase	500 „
Rußbildung	62 „
Wasserdampf in den Gasen .	335 „
	6065 Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	8325 „
Verlust durch das Mauerwerk	2260 Cal. = 27,1 %.

10. Steinkohle von Blanzy (anthracitische kleine Marlborough-Kohle).

Unterlagen für die Berechnung:

Temperatur der Luft . .	16,2°	
„ des Wassers	17,7	
„ „ Dampfes	149	
„ „ Rauches	192	
Verdampfte Wassermenge	8,69 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchte Luftmenge	13200 „	reine Kohle.

11530 Liter Luft und Stickstoff } in den Gasen,
1670 „ Kohlensäure
13200 Liter.

Wärme im Dampfe:

$8{,}69 \cdot (606{,}5 + 0{,}305 \cdot 149 - 17{,}7) = 5511$ Calorieen.

Wärme in den Verbrennungsgasen:

$176 \cdot (11{,}53 \cdot 1{,}127 \cdot 0{,}237 + 1{,}67 \cdot 1{,}966 \cdot 0{,}217) = 702$ Cal.

Wärmeverlust durch die brennbaren Gase:

$0{,}8702 \cdot 8080 \cdot 0{,}004 + 0{,}0472 \cdot 35000 \cdot 0{,}10 = 447$ Cal.

Wärmeverlust durch Rußbildung:

$7051 \cdot 0{,}005 = 35$ Calorieen.

Wärmeverlust durch Wasserdampf in den Gasen

Hygroskopisches Wasser	2,0
3,62 Wasserstoff	32,5
Wasserdampf aus der rohen Kohle	34,5
„ „ „ reinen „	44,8

$0{,}448\,(637 - 16{,}2 + 0{,}475 \cdot 50) = 288$ Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	5511 Calorieen,
Gase	702 „
brennbare Gase	447 „
Ruß	35 „
Wasserdampf in den Gasen	288 „
	6983 Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	9100 „
Verlust durch das Mauerwerk	2117 Cal. oder 23,2 %.

11. Steinkohle von Creusot.

Unterlagen zur Berechnung:

Temperatur der Luft . .	15°	
„ des Wassers	16	
„ „ Dampfes	149	
„ „ Rauches	158	
Verdampftes Wasser . .	9,15 Liter	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft . . .	17680 „	reine Kohle.

16090 Liter Luft und Stickstoff,
1590 „ Kohlensäure,
17680 Liter.

Wärmemenge im Dampfe:

$(606,5 + 0,305 \,.\, 149 - 16) \,.\, 9,15 = 5818$ Calorieen.

Wärme in den Gasen:

$(16,09 \,.\, 1,127 \,.\, 0,237 + 1,59 \,.\, 1,966 \,.\, 0,217) \,.\, 176 = 691$ Calor.

Wärmeverlust durch brennbare Gase:

$0,9236 \,.\, 8080 \,.\, 0,02 + 0,0366 \,.\, 35000 \,.\, 0,01 = 232$ Calor.

Wärmeverlust durch Rußbildung:

$7440 \,.\, 0,005 = 35$ Calorieen.

Wärmeverlust durch den Wasserdampf in den Gasen.

Hygroskopisches Wasser . . .	1,76
3,47 Wasserstoff	31,24
Wasserdampf nach der rohen Kohle	33,0
„ „ reinen „	35,0

$0,35 \,(367 - 15 + 0,475 \,.\, 50) = 224$ Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	5818	Calorieen,
Gase	691	„
brennbare Gase	232	„
Ruß	35	„
Wasserdampf im Rauche . .	224	„
	7000	Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	9412	„
Verlust durch das Mauerwerk	2412	Cal. = 25,6 %.

12. Gemenge von 2/3 Steinkohle von Creusot und 1/3 von Ronchamp. (2. Reihe.)

Unterlagen zur Berechnung:

Temperatur der Luft . .	18°	
„ des Wassers	13,3	
„ „ Dampfes	150	
„ „ Rauches	159	
Verdampftes Wasser . .	9,68 Liter,	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft . . .	14300 „	reine Kohle.

12610 Liter Luft und Stickstoff } in den Gasen,
1690 „ Kohlensäure
14300 Liter.

Wärme im Dampfe:

$(606,5 + 0,305 \,.\, 150 - 13,3) \,.\, 9,68 = 6184$ Calorieen.

Wärme in den Feuergasen:

$(12,61 \,.\, 1,127 \,.\, 0,237 + 1,69 \,.\, 1,966 \,.\, 0,217) \,.\, 151 = 619$ Cal.

Wärme in den brennbaren Gasen:

$0,905 \,.\, 8080 \,.\, 0,02 + 0,037 \,.\, 35000 \,.\, 0,01$

Wärmeverlust durch Ruß:

$7220 \,.\, 0,005 = 36$ Calorieen.

Wärmeverlust durch Wasserdampf im Rauche:

Hygroskopisches Wasser	1,30
3,4 Wasserstoff = ...	31,60
Wasserdampf pro Kilogr. rohe Kohle	32,90
„ „ reine „	37,80

$(637 - 8 + 0,475 \,.\, 50) \, 0,378 = 246$ Calorieen.

Vertheilung der Wärme:

Dampf	6184	Calorieen.
Gase	619	„
brennbare Gase	228	„
Ruß	36	„
Wasserdampf im Rauche . .	346	„
	7313	Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	9310	„
Verlust durch das Mauerwerk	1997	Cal. = 21,4 %.

13. Holzkohle.

Unterlagen für die Berechnung:

Temperatur der Luft . .	6°	
„ des Wassers	18	
„ „ Dampfes	150	
„ „ Rauches	170	
Verdampftes Wasser . .	7,62 Liter,	pro Kilogr.
Verbrauchte Luft . . .	18500 „	reine Kohle.

16640 Liter Luft und Stickstoff } in den Gasen.
1860 „ Kohlensäure

Wärme im Dampfe:

$(606,5 + 0,305 \,.\, 150 - 18) \,.\, 7,62 = 4832$ Calorieen.

Wärme in den Feuergasen:

$(16,64 \,.\, 1,127 \,.\, 0,237 + 1,86 \,.\, 1,966 \,.\, 0,217) \,.\, 164 = 852$ Cal.

Wärmeverlust durch brennbare Gase (Kohlenoxydgas):

$0,03 \,.\, 5620 = 168$ Calorieen.

Die Wärmeverluste durch Rußbildung und Wasserdampf in den Feuergasen sind nicht vorhanden:

Vertheilung der Wärme:

Dampf	4832	Calorieen,
Gase	852	„
Kohlenoxydbildung	168	„
	5880	Calorieen.
Verbrennungswärme . . .	8080	„
Verlust durch das Mauerwerk	2200	Cal. = 27,2 %.

Eine Uebersicht über die sämmtlichen Versuche giebt Nr. XIV.

Tabelle XIV. Uebersicht über die Vertheilung de

Kohlensorte.	Wärme im Dampfe		Wärme in den Feuergasen		Wärmeverlu brennbare
	absol. Cal.	in Proc.	absol. Cal.	in Proc.	absol. Cal.
Ronchamp, 1. Versuch	5587	61,5	395	4,3	679
„ 2. „	5799	63,6	470	5,1	448
Friedrichsthal	4960	58,6	372	4,4	595
Duttweiler	5269	60,4	443	5,0	438
Luisenthal	4638	56,4	315	3,8	802
Altenwald	5234	60,6	481	5,6	273
Heinitz	4967	58,5	443	5,1	604
Sulzbach	4915	58,1	486	5,7	450
von der Heydt	4883	57,7	457	5,4	624
Blanzy, 1. Sorte	4692	56,3	476	5,7	500
„ 2. Sorte	5511	60,5	702	7,7	447
Creusot	5818	61,8	691	7,3	232
2/3 Creusot und 1/3 Ronchamp, 1. Versuch	6260	67,2	562	6,0	224
„ 2. „	6184	66,4	619	6,6	228
Holzkohle	4832	59,8	852	10,5	168

Ordnet man die Kohlen nach ihrem Heizeffect, so erhält man folgende Reihe:

	Absoluter Heizeffect.	Praktische Verdampfung.
Creusot	9412	9,15
Creusot und Ronchamp	9310	9,68
Ronchamp	9117	9,16
Blanzy, Anthracit	9100	8,70
Duttweiler	8724	8,25
Altenwald	8633	8,27
Heinitz	8487	7,83
von der Heydt	8462	7,72
Sulzbach	8451	7,76
Friedrichsthal	8457	7,73
Blanzy (Montceau)	8325	7,41
Luisenthal	8215	7,29
Holzkohle	8080	7,62

In dieser Aufstellung zeigt die Kohle von Creusot und die Holzkohle in Bezug auf den praktischen Heizwerth Anomalien, welche sich dadurch erklären dürften, daß bei der ersten Sorte die Verbrennung nur bei einem großen Ueberschuß von Luft unter sehr ausnahmsweisen Verhältnissen zu ermöglichen war, und daß bei der Holzkohle die Wärmeverluste durch Hydrocarbure und Ruß wegfallen.

Setzt man die Holzkohle = 100, so ergeben sich folgende Ziffern.

	Heizvermögen.	Praktische Verdampfung.
Holzkohle	100	100
Luisenthal	101,5	96
Blanzy (Montceau)	103,5	97
Friedrichsthal	104,6	101
Sulzbach	104,6	101
von der Heydt	104,7	101
Heinitz	104,9	103
Altenwald	106,8	108
Duttweiler	107,9	108
Blanzy (Anthracit)	112,6	114
Ronchamp	112,8	119
Creusot und Ronchamp	115,2	127
Creusot	116,5	120

Mit Ausnahme des ersten und letzten Gliedes dieser Reihe zeigt sich, daß, wenn die Verbrennungswärme eine Zunahme von 1 Procent erhält, die praktische Leistung um 2 Procent wächst. Da die Wärmeverluste durchgängig ungefähr dieselben bleiben, so werden die praktischen Effecte um so mehr steigen, je mehr die absolute Verbrennungswärme zunimmt.

Das Mittel aus allen unseren Versuchen zeigt, daß bezüglich der Vertheilung der Wärme Folgendes stattfindet.

ilogramm reiner Steinkohle entwickelten Wärme.

erverlust durch ßbildung.		Wärmeverlust durch Wasserdampf in den Feuergasen.		Summe der Wärmemenge.		Verbrennungswärme von 1 Kilogr. Steinkohle.	Differenz		Verdampftes Wasser pro Kilogr. Kohle.
.	in Proc.	absol. Cal.	in Proc.	absol. Cal.	in Proc.	Cal.	absol. Cal.	in Proc.	Liter.
	0,75	274	2,5	7004	77,0	9081	2068	22,8	8,72
	0,4	265	3,0	7132	78,4	9117	2100	23,1	9,16
	0,7	282	2,9	6262	74,0	8457	2195	25,8	7,73
	0,4	288	2,8	6481	74,0	8724	2241	25,4	8,25
	0,7	295	3,7	6181	75,1	8215	2063	25,3	7,29
	0,4	303	3,2	6376	73,7	8633	2308	26,7	8,27
	0,5	268	3,5	6374	75,2	8487	2156	25,4	7,83
	0,4	303	3,1	6225	73,6	8451	2264	26,7	7,76
	0,6	321	3,4	6397	75,9	8462	2128	25,1	7,72
	0,7	325	3,3	6387	76,3	8325	2260	27,1	7,41
	0,3	288	2,1	6952	75,8	9100	2117	23,2	8,69
	0,3	224	2,0	7053	74,8	9412	2412	25,6	9,15
	0,3	233	2,2	7369	79,0	9310	1996	21,4	9,83
	0,3	246	2,3	7332	78,8	9310	1997	21,4	9,68
	—	—	—	5912	73,4	8080	2200	27,2	7,62

Wärmemenge im Dampfe	61,6	Proc.
„ in den Gasen	5,5	„
„ „ den brennbaren Gasen	5,3	„
„ durch Rußbildung verzehrt	0,5	„
„ durch den Wasserdampf verz.	2,8	„
„ verloren im Mauerwerke	24,3	„
	100,0.	

Diese Werthe beziehen sich aber nur auf die wirklich verbrannte Steinkohle ohne Rücksicht auf den in den Rückständen verbleibenden Kohlenstoff. Auf die rohe Steinkohle bezogen erhält man folgende Zahlen:

Wärmemenge im Dampfe	60,5	Proc.
„ in den Gasen	5,5	„
„ „ der Asche	1,5	„
„ „ den brennbaren Gasen	5,0	„
„ durch Rußbildung verzehrt	0,5	„
„ „ den Wasserdampf verz.	2,5	„
„ verloren im Mauerwerke	24,5	„
	100,0.	

Bei Kesseln mit 3 Siedern gewinnt man also blos 60 Procent der theoretischen Leistung und der Wärmeverlust theilt sich zur Hälfte auf Verluste verschiedener Art in Folge der Verbrennung, zur andern Hälfte auf den Verlust durch das Mauerwerk des Ofens. Man kann also keine Erhöhung der Leistung derartiger Kessel verhoffen, wenn es nicht gelingt, die innere Fläche der Mauerung und das Wärmeleitungsvermögen der äußeren Hülle der Kessel zu verringern. Es wird demgemäß vortheilhaft sein, die Mauerung stärker zu machen und die Feuerthüre mit einer Schutzdecke von feuerfesten Steinen zu versehen.

Schlußfolgerungen.

1. Die Prüfung einer Steinkohlensorte kann mit Erfolg mittelst des Calorimeters vorgenommen werden. Die mit Hilfe dieses Apparates gewonnenen Resultate sind genauer als die Heizversuche bei Dampfkesseln, denn, während man bei ersteren bis auf einige Zehntel-Procente genau arbeiten kann, variiren die Resultate der Heizversuche um 2 bis 3%.

Ist die Verbrennungswärme einer gewissen Steinkohlensorte bestimmt, so ist es hinreichend, auf einem gewöhnlichen Feuerroste ohne besondere Vorsichtsmaaßregeln eine geringe Menge Kohle zu verfeuern, um den relativen Heizwerth derselben kennen zu lernen, wenn man dabei die Andeutungen beachtet, welche sich in unserer Abhandlung finden, und die Rückstände der Verbrennung untersucht.

Wir empfehlen diese Art der Untersuchung unbedingt für die Fälle, wo man wirklich den genauen Heizwerth einer Kohle kennen zu lernen wünscht.

2. Unsere Versuche haben uns die Fehler desjenigen Heizsystemes, dessen wir uns bedienten, aufgedeckt; sie treten

deutlich hervor, wenn wir die verschiedenen Wärmeverluste durchgehen, nämlich:

60 Procent der bei der Verbrennung der Steinkohle zu gewinnenden Wärme werden zur Dampfbildung verwendet,

7 Procent gehen in Folge unvollkommener Verbrennung verloren,

5 Procent werden von den Verbrennungsgasen nach dem Schornsteine entführt,

$2^1/_2$ Procent entweichen mit den Verbrennungsgasen in dem aus dem Wasser- und Wasserstoffgehalt der Steinkohle entwickelten Wasserdampfe,

$24^1/_2$ Procent Verlust können nicht nachgewiesen werden und sind muthmaaßlich den Wärmeverlusten durch das Mauerwerk des Kesselofens zuzuschreiben.

3. Nachdem die Ursachen der Wärmeverluste erkannt sind, hat man nicht mehr nöthig, blos Versuche in's Blaue hinein anzustellen und chimärischen Verbesserungen nachzujagen, man braucht keine Mühe mehr auf die Aufsuchung zweckmäßigerer Dampfkesselsysteme, Vorwärmer, Rostconstructionen u. s. w. zu verwenden, denn der Hauptfehler der Dampfkessel mit 3 Siedern und Vorwärmern ist lediglich darin zu suchen, daß die Flamme nutzloserweise eine außerordentlich große Mauerfläche mit erhitzen muß, welche bisweilen noch einmal so groß als die Kesselheizfläche ist und daher den Verlust von $^1/_5$ bis $^1/_4$ der gesammten Wärme hinreichend erklärt, wenn auch im Allgemeinen das Mauerwerk ein schlechter Wärmeleiter ist.

Die Abkühlung ist für die von uns benutzten Kessel derjenige Factor, welcher die stärksten Wärmeverluste herbeiführt, und es giebt nur zwei Wege, denselben zu bekämpfen, nämlich

1. die Anwendung innerer Feuerungen,
2. die zweckmäßigere Herstellung der Einhüllung.

Lassen sich diese beiden Verbesserungen gleichzeitig anbringen, so dürften bessere Heizungsergebnisse zu erzielen sein. Die innere Feuerung allein genügt freilich nicht, es fragt sich aber, welchen Nutzen sie bei besserer Einmauerung der Kessel noch geben könnte? Hierbei erlauben wir uns, einer Bemerkung zu gedenken, welche die Herren Burnat und Dubied in ihrem Berichte vom Jahre 1859 gemacht haben. Sie versuchten vier Dampfkessel von verschiedener Construction, nämlich einen Röhrenkessel von Molinos und Pronnier, zweitens einen eigenthümlich gebauten Röhrenkessel von Zambeaux, drittens einen Kessel mit innerer Feuerung und Vorwärmer (aus engen Röhren) von Prouvost, endlich einen Elsaffer Kessel mit 3 Siederohren ohne Vorwärmer. Da wir nun durch unsere Versuche in Stand gesetzt sind, die Vertheilung der Wärme zu beurtheilen, so wollen wir versuchen zu bestimmen, welche Resultate bei diesen verschiedenen Kesseln erzielt worden sein dürften, wenn sie mit Vorwärmern versehen gewesen wären, und wenn ihre Feuerung mit 11 bis 12 Cubikmetern Luft pro Kilogramm reine Kohle gespeist worden wäre.

An Stelle der Burnat-Dubied'schen Annahme über die Verbrennungswärme der Steinkohle, nämlich 7140 Calorieen, setzen wir nach unseren Versuchen mit der 19 bis 20 Procent Asche haltenden Kohle von Ronchamp 7380 Calorieen und erhalten nun Folgendes.

Dampfkessel von Molinos und Pronnier.

Wärme im Dampfe	5024	Calorieen,
„ in den Verbrennungsgasen .	1442	„
„ durch Abkühlung und unvollkommene Verbrennung verloren . .	914	„
	7380	Calorieen.

Da bei den 1859er Versuchen die Feuerung mit 21 Cubikmetern Luft pro Kilogramm reine Kohle gespeist worden war, so reducirt sich nach unserer Aufstellung der Verlust durch brennbare Gase auf 140 Calorieen, welche von obigen 914 abzuziehen sind, so daß der Verlust durch Abkühlung sich auf 774 Calorieen oder 10,4 Procent beziffert.

Dampfkessel von Zambeaux.

Wärme verwendet zur Dampfbildung	4992	Calorieen,
„ in den Verbrennungsgasen .	662	„
„ anderweit verloren . . .	1726	„
	7380	Calorieen.

Bei der damals zugeführten Luftmenge von 8,7 Cubikmetern pro Kilogramm reine Kohle berechnet sich der Verlust durch brennbare Gase nach unserer Aufstellung auf 790 Calorieen und es kommen also von den 1726 verlorenen Calorieen nur 936 oder 12,7 Procent auf die Abkühlung.

Dampfkessel von Prouvost.

Wärme verwendet zur Dampfbildung	5006	Calorieen,
„ in den Verbrennungsgasen .	981	„
„ anderweit verloren . . .	1393	„
	7380	Calorieen.

Nach der pro Kilogramm reiner Steinkohle zugeführten Luftmenge von 20 Cubikmetern berechnet sich der Verlust durch brennbare Gase auf 140 Calorieen und es verbleiben also für den Verlust durch Abkühlung 1393 — 140 = 1253 Calorieen oder 16,8 Procent der gesammten Wärme.

Dampfkessel von Dollfus-Mieg u. Co.

Wärme verwendet zur Dampfbildung	4361	Calorieen,
„ in den Verbrennungsgasen .	1296	„
„ anderweit verloren . . .	1723	„
	7380	Calorieen.

Aus der zugeführten Luftmenge von 10 Cubikmetern pro Kilogramm reine Kohle ergiebt sich, daß durch die Bildung unbenutzt verloren gehender brennbarer Gase 560 Calorieen verloren wurden, und es bleiben somit für den Verlust durch Ausstrahlung 1163 Calorieen oder 15,7 Procent.

Hieraus geht hervor, daß der Verlust durch Abkühlung bei den Kesseln ohne Vorwärmer geringer ist, als bei denjenigen mit Vorwärmern, denn der Wärmeverlust entspricht im ersteren Falle der Temperatur der Gase beim Austritte aus den Zügen des Kessels, während diese Gase im 2. Falle noch durch die Züge des Vorwärmers streichen und Wärme an das dortige Mauerwerk abgeben.

Wir haben nachgewiesen, daß der Gebrauch von Vorwärmern, die zweckmäßig dimensionirt sind, die Leistung des Kessels um mindestens 10 Procent erhöht, dies scheint uns sowohl durch die Versuche von Marozeau und Burnat, als durch die unsrigen festgestellt —; wir können somit die Leistung der obigen vier Kesselsysteme unter der Voraussetzung einer gleich starken Luftzuführung und der Anbringung von Vorwärmern berechnen. Hierbei werden allerdings die Röhrenkessel in minder günstige Verhältnisse versetzt, als ihnen streng genommen zukommen, da es bei diesen Kesseln zulässig ist, die Menge der dem Roste zugeführten Luft ohne größeren Wärmeverlust wesentlich zu erhöhen und die Bildung von Rauch und brennbaren Gasen zu verhüten. Wir wollen dieserhalb schätzungsweise 2 Procent von der in den brennbaren Gasen steckenden Wärme abziehen und zu der Wärme in dem erzeugten Dampfe hinzuschlagen, womit wir das Richtige getroffen zu haben glauben. Man hat nämlich auch zu berücksichtigen, daß bei Röhren- und solchen Kesseln, bei denen geringere Mauerflächen vorhanden sind, der Gewinn größer als 10 Procent sein würde, wie wir annehmen.

Dampfkessel von Molinos u. Pronnier.

Wärmemenge	beobachtet in 1859.	corrigirt.
im Dampf	68,0	74,5
in den Verbrennungsgasen	19,7	8,0
in den brennbaren Gasen	1,9	3,0
Verlust durch Abkühlung	10,4	14,5
	100,0.	100,0.

Dampfkessel von Zambaux.

Wärmemenge	beobachtet in 1859.	corrigirt.
im Dampf	67,8	74,2
in den Verbrennungsgasen	8,9	8,0
in den brennbaren Gasen	12,1	3,0
Verlust durch Abkühlung	11,2	14,8
	100,0.	100,0.

Dampfkessel von Prouvost.

Wärmemenge	beobachtet in 1859.	corrigirt.
im Dampf	68,0	68,0
in den Verbrennungsgasen	13,2	8,0
in den brennbaren Gasen	1,9	5,0
Verlust durch Abkühlung	16,9	19,0
	100,0.	100,0.

Dampfkessel von Dollfus-Mieg u. Comp.

Wärmemenge	beobachtet in 1859.	corrigirt.
im Dampf	58,9	65,0
in den Verbrennungsgasen	17,6	8,0
in den brennbaren Gasen	8,3	5,0
Verlust durch Abkühlung	15,2	22,0 *)
	100,0.	100,0.

Hiernach ist der Verlust durch Abkühlung bei den Kesseln mit innerer Feuerung geringer, als bei unseren Kesseln, ein Ergebniß, welches einer praktischen Bestätigung bedarf, ehe man es anzuerkennen bereit sein dürfte. Es sind daher neue Heizversuche mit Kesseln mit innerer Feuerung sehr wünschenswerth, bei denen man trachten müßte, möglichst alle Einflüsse zu beseitigen, welche sonst noch Wärmeverluste herbeiführen könnten. Wenn unsere Rechnungen richtig sind, so müßten Röhrenkessel 74,5 Procent der Gesammtwärme nutzbar machen, während der beste Kessel mit äußerer Feuerung nur 65 Proc. Nutzeffect giebt.

4. Wir haben die Wärmemengen zu bestimmen versucht, welche durch Verhütung der Abkühlung gewonnen werden könnten; es ist dies aber nicht die einzige anzustrebende Verbesserung, es ließe sich nämlich auch ein Theil desjenigen Verlustes vermeiden, welcher durch die Entstehung brennbarer Gase herbeigeführt wird, nämlich die Rauchbildung, welche eng mit der Bildung brennbarer Gase zusammenhängt.

Nach der von uns im ersten Theile dieser Abhandlung gegebenen Theorie der Rauchbildung kann man aber nicht hoffen, den Rauch zu unterdrücken, ohne das System der Feuerung gänzlich zu ändern. Das Thierry'sche Verfahren **) vermindert zwar die Entstehung von Rauch, verursacht aber einen beträchtlichen Aufwand an Dampf, und die Wärmeverluste, welche durch Rußbildung herbeigeführt werden, sind so unbedeutend, daß die Beseitigung dieser Rußbildung niemals großen Nutzen verschaffen kann.

Blos Gasfeuerungen könnten uns von diesem Nach-

*) Diese Ziffer ist etwas geringer als die von uns gefundene, was darauf hindeuten würde, daß jener Kessel weniger Abkühlung erführe, als der unsrige.

**) Vergl. Civilingenieur, XI. Band, S. 351. Die Red.

theile befreien, aber leider sind die Versuche, welche bis jetzt in dieser Richtung gemacht worden sind, nur ungünstig verlaufen.

Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes.

Obwohl die bei unseren Versuchen täglich verbrannte Kohlenquantität nur eine geringe gewesen ist und die Dampfproduction pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche des Kessels (ohne Berücksichtigung der Fläche der Vorwärmer) blos 14 Liter betragen hat, auch der Wasserspiegel im Kessel immer in mittlerer Stellung erhalten wurde, wobei der Dampfraum 3 Cubikmeter Inhalt faßt, so schien es uns doch der Vollständigkeit halber nöthig, den Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes zu untersuchen.

Bei der dieserhalb vorgenommenen Prüfung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes des Dampfes schienen uns dieselben durchgängig nur wenig befriedigend. Die Methode z. B., welche darin besteht, daß man in einem mit kaltem Wasser umgebenen Gefäße eine gewisse Menge Dampf von hoher Spannung condensiren läßt, ist deshalb fehlerhaft, weil dabei die lebendige Kraft des Dampfes mit in's Spiel tritt, dessen Wärme bestimmt werden soll.

Hirn deducirt in der That in seinem unter dem Titel: „recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur" erschienenen Werke auf Seite 154, daß bei der Condensation von Dampf von hoher Spannung in einem mit Wasser umgebenen Gefäße stets ca. 4 Procent Wärme mehr gefunden werden, als nach der Formel

$$p\,[606{,}5 + 0{,}305\,t + 0{,}4805\,(T - t) - \tau]$$

erhalten werden sollten, in welcher

p das Gewicht des Dampfes,
T die effective Temperatur desselben,
t „ Temperatur des gesättigten Dampfes bei der vorhandenen Spannung,
τ „ Temperatur des Condensationswassers,
0,4805 die specifische Wärme des Wasserdampfes nach Regnault

bedeutet.

Die Erklärung dieser zunächst überraschenden Erscheinung findet sich in der „Théorie mécanique de la chaleur" von E. Verdet, tome VII, p. 105 in folgender Weise gegeben:

„Der Dampf, welcher aus der Ausflußöffnung ausströmt, besitzt eine sehr große Geschwindigkeit, während die Flüssigkeit, welche durch seine Condensation gebildet wird, sich in Ruhe befindet. Während also der Uebergang aus dem gasförmigen in den tropfbar flüssigen Zustand stattfindet, verschwindet eine beträchtliche Menge von lebendiger Kraft und hierbei tritt nach der neueren Wärmetheorie die Umänderung von lebendiger Kraft in Wärme ein. Allerdings ist die äußere Arbeit, welche während der Condensirung auf den Dampf ausgeübt wird, geringer als diejenige, welche er selbst bei der Bildung entwickelt hat, und dieser Umstand vermindert die bei der Condensation frei werdende Wärme, aber es findet keine Compensation statt. Wenn z. B. der in den calorimetrischen Apparat einströmende Dampf gesättigter Dampf von 5 Atmosphären Spannung ist, so hat er jeder gebildeten Einheit Wasser von der Temperatur τ die Wärmemenge $651 - \tau$ mittheilen müssen. Ein Theil q dieser Wärmemenge bewirkt die Vermehrung der lebendigen Kraft der Molecule, ein zweiter Theil q' ist das Aequivalent der inneren Arbeit, welche der Zustandsänderung entspricht, endlich ein dritter Theil q'' ist das Aequivalent der äußeren Arbeit und wird ungefähr 44 Wärmeeinheiten betragen, wenn man als absolute Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfes bei 5 Atmosphären Spannung den von Clausius*) theoretisch gefundenen Werth $\frac{1}{363}$ annimmt und die sehr kleine Differenz zwischen dem Wasservolumen bei 0° und τ° vernachlässigt."

„Wenn nun andererseits die Versuche von Minary und Résal**) ergeben, daß bei 5 Atmosphären Spannung im Kessel aus einer 4 Millim. weiten kreisförmigen Oeffnung am Ende eines 15 Centim. weiten Rohres in 20 Minuten 10,6 Kilogr. Dampf austreten, so folgt mit Berücksichtigung des vorstehend angegebenen Werthes der Dichtigkeit und unter Zugrundelegung des von den genannten Experimentatoren aufgefundenen Contractionscoefficienten 0,44, daß die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes ungefähr 600 Meter pro Secunde beträgt, und daß folglich jedes Kilogramm Dampf, welches unter ähnlichen Umständen wie bei den Hirn'schen Versuchen entweicht, eine lebendige Kraft von ca. 360000 Kilogrammetern entführt, deren Wärmeäquivalent ungefähr 400 Einheiten beträgt. Hieraus geht hervor, daß selbst dann, wenn die äußere Arbeit gänzlich fehlte, mehr als Compensation stattfinden, und daß die Verrichtung dieser lebendigen Kraft mehr als hinreichen würde, um die von Hirn beobachtete Erscheinung zu erklären. Auch würde selbst ein grober Fehler im Contractionscoefficienten diese Folgerung nicht ändern."

„Es ist nicht überflüssig, hierbei zu bemerken, daß die lebendige Kraft, welche der Dampf bei seinem Austritte besitzt, selbst eine Umsetzung derjenigen Wärme ist, welche

*) Dieser Werth hat seine experimentelle Bestätigung durch die Versuche von Tate und Fairbairn erhalten. (Comptes-rendus de l'Acad. des scienc., t. LII, p. 706.)

**) Annales des Mines, t. XVIII, p. 653 (od. „Civilingenieur", Bd. VIII, S. 101).

dem Dampfe im Kessel beiwohnt, und daß demgemäß der Zustand des Dampfes im Moment, wo er aus der Oeffnung ausströmt, nicht derselbe ist, wie im Innern des Kessels, in einigem Abstande von der Mündung."

Die große Wichtigkeit, welche die industrielle Gesellschaft der Bestimmung des von dem Kesseldampfe übergerissenen Wassers beilegt, hat uns in Ermangelung einer unmittelbaren praktischen Lösung veranlaßt, hier wenigstens Wege anzuzeigen, auf denen unserer Ansicht nach vielleicht das Ziel erreicht werden könnte. Wir schlagen deren zwei vor. Erstens wäre eine Methode zu versuchen, ähnlich derjenigen, welche bei der Analyse zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Gase eingeschlagen wird, und zweitens wäre der sonst versuchte calorimetrische Weg einzuschlagen, aber mit der Abänderung, daß die Condensation der zu untersuchenden Dämpfe in einem Gefäße vorzunehmen wäre, dessen Spannung derjenigen des Dampfes gleich, oder doch nur sehr wenig davon verschieden wäre.

Die Anwendung der vorgeschlagenen beiden Methoden würde besondere, sehr schwierig herzustellende Apparate nöthig machen, mit deren Ausführung wir uns noch nicht haben beschäftigen können.

Ueber die sonst noch zu diesem Behufe benutzten Verfahrungsarten giebt der Bericht der Herren **Burnat** und **Dubied** Auskunft, sie sind aber sämmtlich mit gewissen Fehlerquellen behaftet, über welche in diesem Berichte das Nöthige bemerkt worden ist.

(Bulletin de la société industrielle de Mulhouse, Juni und Juli 1869.)

Schreiben des Herrn G. A. Hirn in Logelbach an Herrn Scheurer-Kestner in Thann über die Methoden zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Dämpfe.

Entschuldigen Sie, wenn ich mir erlaube, Ihnen eine kleine Berichtigung zugehen zu lassen, welche den Ausgang Ihrer ausgezeichneten Abhandlung über die Verbrennung der Steinkohle betrifft. Ich bedaure den darin vorkommenden Fehler um so mehr, als ich der eigentliche Urheber desselben bin und Sie nur der Vorwurf trifft, diesen Fehler, den ich selbst schon längst berichtigt habe, unter meinem Namen wieder zu reproduciren.

Bei der Besprechung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Dämpfe aus Dampfkesseln bemerken Sie nämlich, daß die calorimetrische Methode, bei welcher man das vom Dampfe übergerissene Wasser aus der bei der Condensation des Dampfes in einem Wassergefäße abgegebenen Wärmemenge berechnet, fehlerhaft sei und citiren zum Beweis hierfür einen von mir in meinen „Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur (1858)" veröffentlichten Versuch, nach welchem ein mit constanter Pressung in ein von kaltem Wasser umgebenes Reservoir austretender Dampfstrahl mehr Wärme abgeben soll, als zu seiner Bildung erforderlich gewesen ist.

Dieser Versuch war fehlerhaft und die daraus gezogenen Folgerungen sind einfach unmöglich. Ich habe dies unumwunden in der Vorrede und weiteren Ausführung meiner mechanischen Wärmetheorie (1. Ausg. 1862) zugestanden und im Detail dargelegt, welche Mißgriffe ich mir am Beginn meiner thermodynamischen Arbeiten habe zu Schulden kommen lassen. Der fragliche Versuch wird in seinen Folgerungen zwar nicht explicite, aber wenigstens implicite in dem Capitel über die Eigenschaften des überhitzten Dampfes widerlegt.

Hiermit hätte ich das Erforderliche gethan, um die Leser Ihrer ausgezeichneten Abhandlung über einen von mir bereits längst zurückgenommenen Ausspruch aufzuklären, ich erlaube mir aber noch weiter hierauf einzugehen, da ich die fragliche Methode für recht wohl geeignet halte, genaue Resultate zu geben, wenn sie nur mit der nöthigen Vorsicht angewendet wird. Ich will also zu beweisen versuchen, daß sie auf einem vollkommen richtigen Principe beruht.

Nach einem Fundamentalsatze der Thermodynamik beruht die Wärmemenge, welche ein Körper abgiebt, wenn er in seinen ursprünglichen Zustand zurückkehrt, lediglich auf der mechanischen Arbeit, welche nach außen hin bethätigt worden ist. Ist diese Arbeit Null, so findet sich nothwendigerweise schlüßlich dieselbe Wärmemenge vor, welche anfänglich vorhanden war.

Bei dem besprochenen Versuche findet nun Folgendes statt. In einem Dampfkessel wird bei der Spannung P_0 Dampf erzeugt, dessen specifisches Volumen V_0 ist; er geht durch ein Gefäß, in welchem seine Temperatur T_0 ohne Veränderung der Spannung auf T_1 übergeht, wobei sein specifisches Volumen V_1 wird. Er expandirt plötzlich, indem er in ein Gefäß ausströmt, in welchem die constante Spannung P_1 herrscht, und nimmt das specifische Volumen V_2, sowie die Temperatur T_2 an. Da aber die Wände dieses Raumes eine Temperatur $T_3 < T_2 < T_1 < T_0$ besitzen, so wird er condensirt und in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt. So complicirt diese Vorgänge sind, so einfach ist ihr endliches calorimetrisches Resultat. In dem Kessel verrichtet die Wärme auf das Wasser eine äußere Arbeit $= P_0 V_0$ und eine beträchtliche innere Arbeit, bestehend in der Trennung der Molecule, $= L_0$. In dem Ueberhitzungsapparate wird wieder eine äußere Arbeit

$= P_0 (V_1 - V_0)$ und eine innere Arbeit $= L_1$ verrichtet und diese verschiedenen Arbeiten beanspruchen eine Wärmemenge Q_0. Strömt nun der Dampf in den Condensator, so nehmen die Molecule eine sehr große Geschwindigkeit (beinahe 800 Meter) an, welche in Wirbeln, Stößen und Reibungen verzehrt wird, auch wird eine äußere Arbeit $P_1 (V_2 - W_0)$ bei der Condensation des Dampfes unter dem Drucke P_1 und eine innere Arbeit L_2, entsprechend der Zusammendrängung der Molecule, verrichtet. Von allen diesen Arbeiten, welche im Dampfkessel, Ueberhitzer und Condensator stattfinden, ist äußerlich nichts wahrzunehmen, als der schwache Ton des Siedens des Wassers und des austretenden Dampfstrahles, dessen dynamischen Werth wir vernachlässigen können. Sie sind theils negativ, theils positiv und ihre Summe ist Null. Die im Condensator aufgefangene Wärmemenge muß also der ursprünglichen gleich sein.

Das von mir vor 11 Jahren berichtete und von Ihnen neuerdings wieder erzählte Resultat ist daher ein unmögliches. Auf welche Weise man auch gesättigten oder überhitzten Dampf condensiren mag, ob man ihn plötzlich von P_0 auf P_1 (z. B. von 5 auf 1 Atmosphäre) expandiren, ob man ihn direct in kaltes Wasser einströmen, oder unter der ursprünglichen Spannung P_0 condensiren läßt, immer muß dieselbe Wärmemenge gefunden werden, als ursprünglich.

Sei nun

t_0 die Temperatur gesättigten Wasserdampfes,
M das Gewicht eines bestimmten Volumens Dampf,
m das Gewicht des in Staubform übergerissenen Wassers,

so wird zur Bildung des Wasser- und Dampfgemenges aus Wasser von der ursprünglichen Temperatur 0° unter dem der Temperatur t_0 entsprechenden Drucke P_0 eine Wärmemenge

$$Q = M (606{,}5 + 0{,}305\, t_0) + m C t_0$$

aufgewendet werden müssen, wenn C die specifische Wärme des Wassers bedeutet. Nach Regnault hat man aber

$$m C t_0 = m (t_0 + 0{,}00002\, t_0^2 + 0{,}000000\, t_0^3).$$

Diese Wärmemenge Q muß nun bei der Condensation wiedergefunden werden, wenn der Dampf keine äußere Arbeit zu verrichten gehabt hat, und letztere Bedingung ist leicht zu erfüllen, wenn man den Dampfstrahl direct in kaltes Wasser treten läßt, hierbei aber das laute Geräusch zu vermeiden sucht, welches gewöhnlich entsteht und eine verrichtete äußere Arbeit verräth. Sei nun

N das Gewicht des kalten Wassers (incl. des Aequivalentes für das Gefäß an Wasser),
t_2 die endliche und
t_1 die anfängliche Temperatur,

so erhält man zur Bestimmung von m die Gleichung:

$$M (606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_2) + m C t_0 = N C' (t_2 - t_1).$$

Die Genauigkeit des Werthes von m hängt natürlich von der Genauigkeit

1. der Temperaturbestimmungen t_0, t_1 und t_2,
2. der Gewichte N und besonders $(N + m + M)$,
3. von der Vermeidung aller Abkühlung und Erwärmung

ab. Da nun das Quecksilbermanometer den Druck P_0 genau angiebt, so erhält man auch t_0 aus den Regnault'schen Tabellen; t_1 und t_2 können leicht bis auf $1/_{40}$ Grad genau gemessen werden, wenn man ein Thermometer mit Theilung in Zehntelgrade und eine gute Loupe anwendet. Richtet man nun die Beobachtung so ein, daß $t_2 - t_1$ höchstens $= 20°$ ist, so ist die Bestimmung der Temperaturzunahme von N bis ungefähr auf $1/_{800}$ genau zu bewirken. Wenn mit Rücksicht auf die äußere Temperatur t

$$t - t_1 = t_2 - t$$

gewählt und N sehr groß genommen wird, so beseitigt man fast vollständig die Fehler, welche aus der Abkühlung oder äußeren Erwärmung des Condensators während des Versuches entstehen könnten. Mit einem Käppelin'schen Hydrostaten kann man das Gewicht $N + M + m$, wenn es 30 Kilogramme beträgt, noch bis auf 0,0001 Kilogramm genau wiegen und erhält also eine hinreichend genaue Bestimmung für $M + m$. Was das Geräusch bei der Condensation der Dämpfe anlangt, so kann man es ohne Schwierigkeit fast ganz beseitigen, also die verloren gehende äußere Arbeit sehr herabziehen, wenn man den Dampf mittelst eines kupfernen, zwei bis drei Windungen in der Flüssigkeit machenden und an den Enden durch ein Blech mit einem engen Loche geschlossenen Schlangenrohres in das Wasser des Condensators eintreten läßt. In diesem Falle condensirt sich der Dampf zum Theil schon in dem Rohre unter der Pressung P_0 und man hört beim Austritte des Wasser- und Dampfgemenges aus dem engen Loche kaum noch einen Ton.

Meiner Ansicht nach, welche durch die schönen Versuche von Leloutre (Bulletin de la société industrielle, 1867, Avr., Mai) bestätigt wird, setzt man sich groben Täuschungen aus, wenn man das staubförmig vom Dampfe mit übergerissene Wasser bei der Bestimmung der Verdampfungsfähigkeit eines Kessels vernachlässigt, da die Menge dieses Wassers bis 20 Procent des Dampfgewichtes steigen kann; der Experimentator kann also auf diese Untersuchung nicht genug Mühe verwenden. Gestatten Sie mir daher, noch von einer anderen Methode zu sprechen, welche zwar in der Anwendung beschränkter ist, aber zu noch genaueren Resultaten führt, als die vorstehende, nämlich insoweit beschränkter, als sie nur für Generatoren der Dampfmaschinen geeignet ist, dagegen genauer, weil sie die ganze während eines Tages übergerissene Wassermenge angiebt.

Denken wir uns, man mäße in geeigneter Weise die ganze Menge Wasser und Dampf, welche ein Dampfkessel unter nahezu constantem Drucke an eine Condensationsdampfmaschine abgiebt. Sei

W diese Quantität,
m die unbekannte Menge des übergerissenen Wassers,
t_0 die mittlere Temperatur des Gemenges,
t_1 diejenige des Condensationswassers,

so beträgt die vom Dampfkessel abgegebene Wärmemenge

$$Q_0 = (W - m)(606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_1) + m c_1 (t_0 - t_1).$$

Ist ferner

N das Gewicht des ganzen aus dem Condensator tretenden Wassers,
t_2 die Temperatur des Injectionswassers,

so ist die Menge Wärme, welche dieses Wasser aufnimmt,

$$Q_1 = (N - W)(t_1 - t_2)\, C.$$

Hier ist nun nicht mehr $Q_1 = Q_0$, denn wir fangen definitive äußere Arbeit mit auf. Ist F die disponible Arbeit des Dampfes, wie sie der Watt'sche Indicator bei Berücksichtigung seiner Reibungen anzeigt, so hat man nach einem Grundprincipe der Wärmetheorie

$$425\,(Q_0 - Q_1) = F,$$

und daher

$$(W - m)(606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_1) + m c_1 (t_0 - t_1) = (N - W)(t_1 - t_2)\, C + \frac{F}{425}.$$

Hieraus berechnet sich nun

$$m = \frac{(N - W)(t_1 - t_2)\, C + \frac{F}{425} - W\,(606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_1)}{C'(t_0 - t_1) - (606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_1)}.$$

Da t_1 selten 40° beträgt, so kann man ohne merklichen Fehler $C = 1$ setzen; für C' giebt aber die Regnault'sche Formel

$$q = \int_{t_0}^{t_1} C'\,dt = t_0 + 0{,}00002\, t_0^2 + 0{,}0000003\, t_0^3$$

sehr annähernd

$$C'(t_0 - t_1) = t_0 - t_1 + 0{,}00002\, t_0^2 + 0{,}0000003\, t_0^3,$$

die Genauigkeit des hieraus für m abzuleitenden Werthes hängt also lediglich von der Genauigkeit ab, mit welcher W, N und F bestimmt sind.

Diese Methode ist in der Hauptsache mit dem calorimetrischen Verfahren identisch, unterscheidet sich davon aber darin, daß in dem einen Falle der Dampf, ohne irgend eine äußere Arbeit zu verrichten, an das Calorimeter alle Wärme abgiebt, die darin enthalten ist, während im andern Falle diese virtuelle Wärme um die Arbeit F vermindert ist, welche die Maschine verrichtet hat. Und diese Methode erscheint mir zuverlässiger als die ersterwähnte, weil man niemals sicher weiß, ob der Dampf, den man untersucht, den mittleren Gehalt an übergerissenem Wasser besitzt, wo man ihn auch immer dem Kessel entnehmen mag. Das Condensationswasser einer Dampfmaschine enthält dagegen unzweifelhaft auch alles übergerissene Wasser.

Mit Hilfe der so eben beschriebenen Methode habe ich seinerzeit (1856) an großen Dampfmaschinen einen der Fundamentalsätze der Wärmetheorie bewiesen, nämlich den Satz, daß durch die Arbeit ein derselben proportionaler Theil der in einer calorischen Maschine wirksamen Wärme aufgezehrt wird. Dieselbe findet sich auch in den Bulletins der Industriellen Gesellschaft beschrieben, ist aber seitdem von mir vervollkommnet und nachmals in den beiden Auflagen meiner Wärmetheorie beschrieben worden. Aus verschiedenen Gründen ergreife ich hier nochmals Gelegenheit, auf diesen Gegenstand des Näheren einzugehen.

Die fragliche Methode kann dazu dienen, einer Dampfmaschine auf den Zahn zu fühlen, ihren Wirkungsgrad zu bestimmen und ihre Fehler zu erkennen. Sind nämlich fünf von den Größen W, m, N, (N — W) und F bekannt, so ist daraus die sechste zu berechnen. Wenn, wie dies oft der Fall ist, m aus der allgemeinen Gleichung verschwindet, so kann man mit Hilfe von N und F allein sehr genau den Verbrauch an Dämpfen W finden, ohne eine directe Messung vorzunehmen. Man kann also den Ingenieurs nicht genug die Vornahme derartiger Versuche anempfehlen, wo dazu die Möglichkeit vorhanden ist. In England bedient man sich dabei eines patentirten Apparates, welcher an der Oeffnung des Condensators angebracht wird und das Volumen, sowie die Temperatur des ausströmenden Wassers registrirt, welcher also mit anderen Worten die Größen N und t_1 continuirlich zu beobachten gestattet. Allerdings giebt dieser Apparat blos eine grobe Näherung und wenn ich desselben hier gedenke, so geschieht dies nur, um die nachfolgenden Erörterungen besser zu motiviren.

1. Bezüglich der Bestimmung des Gewichtes W an Wasser und Dämpfen, welches ein Dampfkessel in einer bestimmten Zeit liefert, ist hier nur wenig zu sagen. Man besitzt zur Zeit noch kein correctes Mittel, um dieses Gemenge direct zu messen, doch ist die Messung des Speisewasserquantums ein sehr einfaches und leichtes, zu demselben Resultate führendes Verfahren. Hierzu sind verschiedene

selbstthätige Registrirapparate angegeben worden, von denen indessen keiner vollkommene Sicherheit bietet. Das Mittel, welches von Ihnen angewendet worden ist, um die gewöhnlichen Fehler der Speisepumpe zu eliminiren, und sie zu einem brauchbaren Meßapparate für das Speisewasser zu machen, erscheint mir als ein nützlicher Fortschritt; da man jedoch hierbei wiederholt zu einer strengen Prüfung der von der Pumpe gelieferten Wassermenge zu schreiten genöthigt ist, da man andererseits leicht Fehler begehen kann, wenn man zum Aichen des Wassers sich kleiner Gefäße bedient, und da dieserhalb ein stets aufmerksamer Beobachter hierbei nicht zu entbehren ist, so bleibt das beste und ökonomischste Mittel sicherlich immer noch dasjenige, dessen Sie sich bedient haben, nämlich ein einziges cylindrisches oder cubisches Gefäß von solcher Größe, daß es mehr als das zur Speisung des Dampfkessels auf einen Tag erforderliche Wasserquantum aufnehmen kann, und die Beobachtung der durch das Saugen der Speisepumpe herbeigeführten totalen Abnahme am Ende des Tages.

2. Am schwierigsten ist die genaue Bestimmung des von dem Condensator ausgeworfenen Wasserquantums N. Handelt es sich um große Motoren, so beträgt dieses Wasserquantum 6, 7, 8 Kilogramme pro Secunde, d. h. ungefähr 4 bis 5 Cubikmeter in 10 Minuten. Solche Wassermengen sind aber nicht leicht zu aichen, so bequem man auch alles für den Versuch vorrichten mag. Am besten ist es noch, das ausfließende Wasser zu theilen, um das ganze Quantum durch Summirung kleinerer, ohne Schwierigkeiten direct zu messender Wassermengen zu erhalten. Man fängt zu dem Ende das vom Condensator gehobene Wasser in einem 1 bis 1,2 Meter hohen, 0,4 bis 0,5 Meter breiten und 1 bis 1,2 Meter langen rectangulären Kasten auf, auf dessen horizontalem Boden sich ein langer Messing- oder Blechstreifen mit möglichst genau gleichgroßen runden Löchern befindet. Diese Löcher erhalten 15 bis 20 Millim. Durchmesser und sind in genügender Zahl angebracht, daß durch dieselben alles eintretende Wasser bei 0,8 bis 1,1 Meter Druckhöhe ausfließen kann. Die Löcher müssen übrigens in Abständen von 15 bis 20 Millim. voneinander angebracht sein. Bei 20 Millim. Durchmesser beträgt das Ausflußquantum eines solchen Loches unter 1 Meter Druckhöhe 0,8 Kilogr. pro Secunde, es sind also deren sechs bis sieben nöthig, um 5 bis 5,5 Kilogr. Wasser pro Secunde abzuführen. So genau übrigens dieselben auch angefertigt sein mögen, so muß doch das Ausflußquantum eines jeden Loches für sich durch Aichen bestimmt werden, was weiter keine Schwierigkeiten bereitet. Man schließt nämlich sämmtliche Oeffnungen mit Korken, füllt den Behälter so hoch wie möglich mit Wasser, dessen Temperatur ungefähr so hoch, wie diejenige des Condensationswassers ist, und öffnet nun die eine Oeffnung, worauf man die Zahl von Secunden notirt, in welcher der Wasserspiegel um 0,4 bis 0,5 Meter sinkt. Wäre

S der Querschnitt des Gefäßes,
H_0 die Höhe des Wassers zu Anfang,
H_1 diejenige zu Ende der Beobachtung und
T die Zeit der Beobachtung,

so hat man dann

$$\frac{2S}{T\sqrt{2g}}(\sqrt{H_0}-\sqrt{H_1}) = (\mu s)$$

und findet die Ausflußmenge bei dem constanten Drucke H

$$V = (\mu s)\sqrt{2gH}.$$

Die Ermittelung des Querschnittes S des Gefäßes erhält man am sichersten durch Wiegen der Wassermenge, welche nöthig ist, um dieses Gefäß von dem Wasserstande H_0 bis zum Wasserstande H_1 zu füllen. Ist man in dieser Weise mit sämmtlichen Oeffnungen einzeln verfahren, so erhält man dann auch die durch alle Oeffnungen zugleich ausfließende Wassermenge. Vorausgesetzt, der Querschnitt des Gefäßes betrage $1{,}2 \,.\, 0{,}5 = 0{,}6$ Quadratmeter und der Wasserspiegel falle von 1,2 auf 0,8 Meter, so berechnet sich

$$T(\mu s) = \frac{2 \,.\, 0{,}6}{\sqrt{19{,}6176}}(\sqrt{1{,}2}-\sqrt{0{,}8}) = 0{,}05446195 \,.\, T.$$

Bei Oeffnungen von 2 Centimeter Durchmesser wird annähernd

$$\mu s = 0{,}6 \,.\, 0{,}00031416 = 0{,}000188496,$$

daher $$T = \frac{0{,}05446195}{0{,}000188496} = 288{,}9 \text{ Secunden.}$$

Diese Zeit läßt sich auf $^1/_2$ Secunde genau beobachten, der Werth von μs ist also bis auf $\frac{1}{580}$ genau zu bestimmen. Die Höhe $H_0 - H_1$ kann bei 0,4 Meter Größe bis auf $^1/_2$ Millimeter, also auf $\frac{1}{800}$ genau gemessen werden, es läßt sich daher die Größe N mit der wünschenswerthesten Genauigkeit aus der Gleichung

$$\frac{1}{\gamma}N = (\mu s)\sqrt{2gH}$$

ableiten, wenn γ die Dichtigkeit des Wassers und H die während eines Tages beobachtete mittlere Druckhöhe über den Oeffnungen bedeutet.

Was die Messungen von H_0, H_1 und H anlangt, so ist dabei Folgendes zu beachten.

1. Die Höhe H des Wassers im Gefäße während der Arbeit wird mit einem verticalen und mittelst eines doppelt gebogenen Rohres in den Boden des Gefäßes einmündenden Wasserstandsglases gemessen, welches in dem Krümmlinge mit einem nur wenig geöffneten Hahne versehen ist, damit die Oscillationen des Wassers im Gefäße sich nicht merklich

bis in das Wasserstandsglas fortpflanzen, vielmehr der mittlere Wasserstand des Gefäßes angezeigt wird.

2. Um die Ausmessung des Querschnittes S vorzunehmen, setzt man auf das Wasser im Gefäße einen Schwimmer, welcher eine verticale, in einer Oeffnung eines aufgenagelten horizontalen Bretes frei spielende Scala trägt, und zieht auf der Scala zwei feine Striche in einem Abstande von 0,4 bis 0,5 Meter voneinander, wovon der eine dem Wasserstande H_0, der andere dem um 0,4 bis 0,5 Meter niedrigeren Wasserstande H_1 entspricht. Bei der Beobachtung der Ausflußmenge der einzelnen Oeffnungen wird der Wasserspiegel stets auf die nämliche ursprüngliche Höhe H_0 gebracht und die Zeit beobachtet, in welcher derselbe bis zu der anderen Marke sinkt.

Die vom Condensator in den Aichapparat ausgegossene Wassermenge N wird dadurch gefunden, daß man beim regelmäßigen Gange der Maschine etwa eine halbe Stunde hindurch die Druckhöhe H von Minute zu Minute notirt, und dann das Mittel aus den Quadratwurzeln dieser Höhen zieht. Die Genauigkeit dieser Bestimmung

$$N = \gamma (\mu s) \sqrt{2gH}$$

hängt von der Genauigkeit des Werthes (μs) und dieser wieder einzig und allein davon ab, wie groß man den Querschnitt S des Gefäßes herzustellen im Stande ist.

Uebrigens ist diese Größe bei der Untersuchung einer Dampfmaschine noch zu verschiedenen Zwecken wichtig.

Ueber die Größe m oder die Menge des übergerissenen Wassers ist weiter nichts hinzuzufügen; sie ergiebt sich durch Vergleichung der Größe N mit der durch directe Aichung gefundenen Speisewassermenge W. Betrachten wir aber den Fall, wo $m = 0$ ist und welcher eintreten kann:

1. wenn man mit überhitzten Dämpfen arbeitet,
2. wenn der Dampfcylinder sehr gut verpackt ist.

Im ersten Falle heißt die allgemeine Gleichung

$$W [606{,}5 + 0{,}305\, t_0 + 0{,}48\, (T - t_0) - t_1] = (N - W)(t_1 - t_2) C + \frac{F}{425},$$

wenn T die Temperatur des überhitzten Dampfes bedeutet, und hieraus folgt:

$$W = \frac{N (t_1 - t_2) + \frac{F}{425}}{606{,}5 + 0{,}305\, t_0 + 0{,}48\, (T - t_0) - t_1 + C (t_1 - t_2)}.$$

Bei Dampfcylindern mit Dampfhemde finden sehr complicirte Verhältnisse statt, auf welche in der Kürze einzugehen erlaubt sein wird. Es condensirt sich nämlich erstens ein Theil des Dampfes in dem Dampfhemde in Folge der äußeren Abkühlung, ein Verlust, der um so geringer sein wird, je besser man das Metall mit Filz oder Kälberhaaren und einem hölzernen Mantel verpackt hat, es condensirt sich aber auch zweitens ein anderer Theil des Dampfes in Folge des Wärmeverlustes, den dieser Dampf bei der Erwärmung des im Cylinder expandirenden und dadurch abgekühlten Dampfes erleidet.

Der Nutzen und Vortheil des Watt'schen Dampfhemdes besteht nämlich gerade in diesem Austausche der Wärme, und derselbe bewirkt, wie die Versuche Combes', so wie meine eigenen Untersuchungen außer Zweifel gestellt haben, eine Ersparniß von 20 Procent der äußeren Arbeit.

Drittens schlägt sich im Dampfhemde ein Theil, oder das gesammte mit übergerissene Wasser nieder. Ich habe anfangs angenommen, daß sich das ganze Wasser niederschlüge, nach einer sehr richtigen Bemerkung des Herrn Leloutre würde aber auch nichts geändert werden, wenn ein Theil oder selbst das ganze übergerissene Wasser in den Dampfcylinder gelangte, denn dieses Wasser würde natürlich während der Expansion durch die von der Cylinderwandung abgegebene Wärme verdampft werden und sich dafür im Dampfmantel ein dem übergerissenen Wasser entsprechendes Dampfquantum condensiren. Bei allen von intelligenten Maschinenbauern errichteten Maschinen befinden sich die Dampfcylinder über dem Wasserspiegel des Kessels, und das Wasser kann mittelst eines besonderen Rohres in Folge dieser Niveaudifferenz wieder in den Kessel zurücklaufen, bei anderen Maschinen, wo dies nicht thunlich war, oder wo man nicht so viel Sorgfalt für eine gute Leitung getragen hat, läßt man das Wasser aus dem Dampfhemde von Zeit zu Zeit, oder continuirlich durch Hähne ablaufen. Jedenfalls hat man also in diesem Falle ebenfalls $m = 0$ und es gilt hier die Gleichung

$$W (606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_1) = (N - W)(t_1 - t_2) C + \frac{F}{425}$$

aus welcher folgt:

$$W = \frac{N (t_1 - t_2) C + \frac{F}{425}}{606{,}5 + 0{,}305\, t_0 - t_1 + C (t_1 - t_2)}.$$

Wenn also bekannt sind N, t_1, t_2, T und F (aus Indicatorversuchen), so kann man den Dampfverbrauch einer Maschine während jedes beliebigen Momentes ihrer Thätigkeit angeben. Hieraus geht deutlich der Vortheil

dieser Methode hervor. Wenn man nämlich W nach dem Speisewasserverbrauche bestimmt, so muß man mindestens 12 Stunden hintereinander beobachten, um ein zuverlässiges Resultat zu erzielen, hier dagegen ist es nur nöthig, die Maschine 30 Minuten hintereinander gleichförmig arbeiten zu lassen, um den entsprechenden Dampfverbrauch zu finden, man ist also im Stande, an einem und demselben Tage die Maschine unter sehr verschiedenen Verhältnissen der Spannung und Expansion zu probiren.

Was die Kenntniß von F oder der totalen Arbeit des Dampfes im Cylinder anlangt, so ist dieselbe durch Versuche mit dem Richard'schen Indicator bis auf $^1/_{500}$ genau zu erhalten; man kann aber auch, wenn W durch Aichung des Speisewassers gefunden wird, F mittelst der obigen Gleichung berechnen. Hierbei ist aber kein zuverlässiges Ergebniß zu erzielen, wenn nicht mit der äußersten Sorgfalt gearbeitet wird. Die Wärmemenge $\frac{F}{425}$, und also F, wird nämlich erhalten aus der Differenz $Q_0 - Q_1$ zweier großen Zahlen, die selbst aus sehr vielen und schwierig genau zu erhebenden Elementen gebildet sind. Kleine Fehler, welche in Bezug auf die experimentellen Factoren von Q_0 und Q_1 vorkommen können, ziehen relativ sehr große Unrichtigkeiten in Bezug auf F nach sich. Ich habe am Beginn meiner Versuche mit Dampfmaschinen, als meine Beobachtungsmethoden noch ziemlich unvollkommen waren, die obige Methode benutzt, um das mechanische Aequivalent der Wärme zu bestimmen, und dies sehr mit Unrecht. Ich hätte mich jener Zeit darauf beschränken sollen, das damals noch neue und wichtige Factum zu constatiren, daß bei einer Dampfmaschine eine Wärmemenge verschwindet, welche gänzlich von der verrichteten äußeren Arbeit abhängt. Aus diesem Mißgriffe erklären sich verschiedene falsche Folgerungen, die ich aus meinen Beobachtungen zog, unter Anderen die Behauptung, daß bei einer Dampfmaschine nur durch Expandiren sensible Wärme verzehrt werde, und daß daher bei einer Maschine ohne Expansion im Condensator ebenso viel Wärme vorgefunden werde, als der Dampfkessel geliefert habe. Dank der mannichfachen Verbesserungen, die ich mit meiner Experimentir-Methode vorgenommen habe, und durch welche sie dahin gebracht worden ist, daß sie mathematisch genaue Resultate liefert, habe ich diese irrigen Ansichten selbst zuerst widerlegen und zeigen können, daß bei jeder Dampfmaschine, von welchem Systeme sie auch sei, Hochdruck- oder Niederdruckmaschine, mit gesättigten oder überhitzten Dämpfen, mit oder ohne Expansion, der Wärmeverlust genau der ausgegebenen Arbeit proportional ist.

Kurz, wir besitzen gegenwärtig in der industriellen Physik zwei genaue Methoden zur Messung des in Staubform aus dem Dampfkessel übergerissenen Wassers, und die eine von diesen Verfahrungsarten gestattet, unabhängig von dem hier angegebenen speciellen Zwecke, die gründlichste Untersuchung der Dampfmaschinen. Allerdings ist ihre Anwendung nur bei gehöriger Sorgfalt, Geschicklichkeit und Uebung im Experimentiren zu empfehlen, aber die damit verbundenen Schwierigkeiten, welche für einen einzelnen Beobachter allerdings groß genug sind, werden dann fast ganz beseitigt, wenn sich mehrere intelligente Beobachter zu demselben Zwecke verbinden. Ich bedaure es lebhaft, daß das Comité der Industriellen Gesellschaft bei den wichtigen Versuchen über verschiedene Dampfmaschinen, welche es neuerlich vorgenommen, nicht daran gedacht hat, sich der oben beschriebenen zweiten Methode zu bedienen; es wäre dadurch eine kostbare Controle für die Genauigkeit der Summe von mancherlei Beobachtungen, welche rationelle Versuche mit Dampfmaschinen hervorrufen, gewonnen worden.

(Bulletin de la société industrielle de Mulhouse, Octobre 1869.)

Notizen über zwei neue Probirapparate zur Bestimmung der Zugfestigkeit und der Härte der festen Körper.

Von

Ingenieur F. C. Glaser in Paris.

(Mit Doppeltafel 30—31.)

Einer der hauptsächlichsten Fortschritte der modernen Industrie liegt in der auf die Auswahl der zu Bauwerken bestimmten Materialien aller Art verwendeten Sorgfalt. Sie werden nach vorhergegangener strenger Prüfung ihrer comparativen Eigenschaften zu besonderen Zwecken bestimmt und man hat Classificationen aufgestellt, für welche eine bestimmte positive Zahl, der Widerstandscoefficient, maaßgebend ist. In der That haben wir allein den immer häufiger angestellt werdenden Versuchen zur Bestimmung des bezeichneten Coefficienten die immer steigende Verbesserung in der Fabrication der Baumaterialien, sowie die in demselben Maaße zunehmende Ersparniß in ihren verschiedenen Anwendungen zu verdanken.

Eine Beschreibung aller bisher zu diesem Behufe erdachten Apparate zu geben, hieße somit gleichzeitig die Geschichte der wichtigsten Producte der Industrie niederschreiben, indem dieselben so innig mit einander verbunden sind wie Ursache und Wirkung. — Eine solche Arbeit zu unternehmen, würde aber so eingehende Studien nöthig machen, daß wir ihnen nicht die genügende Zeit widmen können, und einen Umfang annehmen, wie er für die nachstehende Notiz nicht zur Verfügung steht. Wir begnügen uns daher hier, blos der Anstrengungen zu gedenken, durch welche sich in dieser Richtung verschiedene Ingenieure und Techniker Verdienste erworben haben, und sollen hiermit unsere Anerkennung den Bestrebungen der Herren Tangye von Birmingham, Werder u. Klett in Nürnberg und François in Styring-Wendel, deren neueste Apparate manche Mängel vermeiden, welche an den von älteren Erfindern herstammenden Probirmaschinen constatirt worden sind. —

Die gewöhnlich in der Industrie angestellten Untersuchungen beziehen sich, wie jeder Techniker weiß, auf vierlei Aeußerungen der Festigkeit, nämlich:

1. auf die Compression,
2. auf die Längenausdehnung,
3. auf die transversale Biegung, und
4. auf die Torsion.

Im Nachfolgenden sollen nun ein paar neue Apparate beschrieben werden, welche zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit fester Körper gegen die in den beiden ersten Nummern aufgeführten Inanspruchnahmen, nämlich gegen die Längenausdehnung und die Zusammendrückung construirt worden sind, und Beide auf einem und demselben Principe beruhen, welches dem Herrn Ingenieur Desgoffe in Paris patentirt worden ist, wobei wir uns angelegen sein lassen werden, dieselben in ihren gemeinschaftlichen Theilen zu betrachten und sie alsdann im Einzelnen zu prüfen.

Wie aus den Zeichnungen auf Doppeltafel 28—29 hervorgeht, wird bei diesen Apparaten die durch eine Schraube mit oder ohne Uebersetzung auf den festen Körper ausgeübte Kraftäußerung vermittelst eines in gehärteten Messerschneiden ruhenden und im Verhältnisse von 1 zu 5 stehenden Hebelsystemes auf eine einen Kolben bildende Stahlplatte übertragen. — Die Letztere hat genau denselben Durchmesser als der Cylinder unter der Platte selbst, nämlich 200 Millimeter und darunter befindet sich durch einen Ring auf den Kranz aufgeschraubt, eine Membrane aus Kautschuk, welche die Quecksilberfüllung von dem Kolben trennt. — Eine mit diesem Raume in Verbindung stehende Manometersäule zeigt auf einer graduirten Scala den auf die Platte ausgeübten Druck an, und zwar ebensowohl in Metern Quecksilbersäule, als in Kilogrammen. Der Durchmesser der Manometerröhre beträgt 4 Millimeter, es findet somit zwischen beiden Querschnitten ein Verhältniß von 12 : 31416 statt, und da ein eigentliches Bewegen der Kolbenplatte nicht vorhanden ist, so kann auch keine störende Reibung eintreten.

Wir wollen nun noch die Methode angeben, die bei Graduirung der Scala befolgt wurde. Hierzu wurde ein fester Körper mittelst zweier, an den beiden Enden desselben befestigten und über zwei Rollen laufenden Drahtseile und

einer beschwerten Waagschale direct gegen das Hebelsystem gedrückt. Die den verschiedenen aufgelegten Gewichten entsprechenden Manometerstände wurden nun markirt, um die Eintheilung der Scala zu gewinnen.

Die beschriebene Schraubeneinrichtung hat vor anderen Methoden der Kraftausübung, besonders vor der Beschwerung mittelst Waagschale, den Vortheil, daß die ausgeübte Pressung oder der Druck Stunden und selbst Tage lang beibehalten werden kann, während bei Waagebalken das Metall, Draht z. B., sich verändern, der Druck also anders werden kann. —

Wir kommen nunmehr zur näheren Beschreibnng der Apparate selbst.

Apparat zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit und Härte fester Körper.

Fig. 1, Tafel 28—29 zeigt uns den Längenschnitt eines auf 3000 Kilogr. gestempelten Apparates nach dem vorhergehend angegebenen Principe in $1/_3$ der natürlichen Größe und zwar nach der Linie AB in Fig. 2.

Fig. 2 stellt die Seitenansicht des Apparates und den Querschnitt nach CD dar. Die Ziffern der Scala links drücken Kilogramme aus, während die neben der Manometerröhre eingeschriebenen Zahlen die Stärke des Druckes in Millimetern Quecksilbersäule geben, — 3000 Kilogr. entsprechen somit einer Quecksilbersäule von 1,200 Meter.

Fig. 3 stellt die Ansicht von oben und Fig. 4 endlich einen nach EF geführten Schnitt vor.

Sollen nun mit diesem Apparate mehrere vergleichende Versuche angestellt werden, z. B. über die Widerstandsfähigkeit von Holz oder Bandagen, so wird der zu untersuchende Körper zwischen den Winkelhebel m und den Stempel n gestellt und hierauf das Schwungrad an der Schraube so lange gedreht, bis die Spitze n, welche aus ausgezeichnetem Stahle angefertigt sein muß, um das Abstumpfen während einer und derselben Versuchsserie zu verhüten, den betreffenden Körper berührt.

Es läßt sich nun untersuchen, wie tief unter einem gewissen Drucke Ringe von 1 Millimeter Stärke, welche auf den Stempel gelegt werden, in den Körper eingedrückt werden. Herr Desgoffe hat neuerdings an dem Stempel noch einen Multiplicationsapparat angebracht, welcher die Stärke des Eindruckes besser erkennen läßt.

Die Kenntniß des Druckes, bei welchem der Eindruck beginnt, und welcher bei diesem Apparate am Manometer abgelesen werden kann, ist bekanntlich für die Beurtheilung der Verwendbarkeit mancher Materialien von hohem Interesse. Man liest z. B. bei 1 Millim. Eindruck 300 Millim. Quecksilberhöhe und 1225 Kilogr. Druck ab, was in Atmosphären ausgedrückt beiläufig 4 Atmosphären Druck entspricht.

Die Form des Stempels muß, je nach dem zu untersuchenden Metalle und vorliegenden Zwecke, abgeändert werden. Eine conische Form ist für Stahl besonders zuträglich, für Eisen mag eine cylindrische und für Messing, Holz und Blei eine prismatische Form am geeignetsten sein.

Herr Colas, Wagenfabrikant in Courbevoie, bedient sich dieses Apparates mit sehr gutem Erfolge, um den Härte-, resp. Trockenheitsgrad des Holzes festzustellen. Ein solcher Versuch ist hinreichend, um den Werth des Holzes für die beabsichtigte Verwendung sofort bestimmen zu können.

Der Durchmesser des Kolbens beträgt, wie bereits bemerkt, 0,20 Meter, was einem Querschnitte von 314 Qu.-Centimetern entspricht, und da im Maximum ein Druck von 3000 Kilogrammen ausgeübt werden kann, so entspricht derselbe 9 Atmosphären.

Das Gewicht einer solchen Maschine beträgt beiläufig 80 Kilogramme, und der Preis in den Ateliers des Constructeurs 500 Francs.

Maschine zur Messung der absoluten Festigkeit.

Dieser Apparat ist, wie die Figuren 5 bis 8, Tafel 28—29 zeigen, ganz und gar auf dasselbe Princip basirt, wie der soeben beschriebene. Statt einer Schwungkurbel ist aber hier eine Zahnradübersetzung mit gewöhnlicher Kurbel angebracht, um die Schraube zu bewegen.

Um beim Drehen die ausgeübte Kraft bequemer ablesen zu können, hat man das Manometer in der Nähe des Operateurs aufgestellt, und zwar ist die Quecksilbersäule vermittelst eines mit Wasser angefüllten Rohres mit der Kolbenflüssigkeit in Communication gesetzt.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, wird der in die Zange eingeführte Draht oder Metallstab beim Ziehen immer fester und fester gehalten und kann niemals locker werden. Das Ganze ist auf einer starken Pfoste aufgeschraubt, welche übrigens keinen Widerstand zu leisten braucht, weil der ganze Zug von den beiden starken Leitstangen aufgenommen wird. Zur Messung der Ausdehnung wird noch ein eingetheilter Maaßstab aufgeschraubt.

Diese Maschine ist besonders zur Untersuchung der Festigkeit von Drähten für Telegraphen, Drahtzüge, Kabel u. dergl. bestimmt, die ausgeübte Zugkraft übersteigt daher nicht 1000 Kilogramme. — Würden aber die Dimensionen entsprechend verstärkt, so könnte sie ebenso gut zur Untersuchung der stärksten Maschinen- und Constructionstheile anwendbar gemacht werden.

Das Gewicht dieser Maschine beträgt beiläufig 100 Kilogr. und der Preis im Atelier des Erfinders 800 Frcs.

Herr Desgoffe baut noch eine stärkere Art von diesen Probirmaschinen, mit welcher ein Zug bis zu 2500 Kilogr. ausgeübt werden kann, und welche bei vielen größeren

Eisenbahnverwaltungen und Telegraphenstationen angewendet wird.

Dieselbe unterscheidet sich von der beschriebenen Maschine durch eine etwas abweichende Construction des Druckkolbens. Sie ist auf einer gußeisernen Bank aufgeschraubt und gewährt ein gefälliges Ansehen. Auch ist ein eingetheilter Maaßstab beigegeben, an welchem die Ausdehnung durch zwei Zeiger abgelesen werden kann.

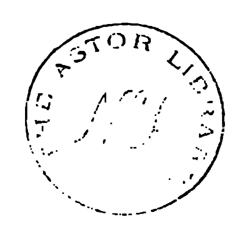
Derartige Probirapparate kosten 1200 Francs.

Für noch stärkere, auf 80000 bis 100000 Kilogramme Kraft eingerichtete Apparate wird an Stelle der Schraube eine hydraulische Presse zur Erzeugung des Druckes oder Zuges angewendet.

In einem späteren Artikel werden wir die von dem Verfertiger der beschriebenen Probirapparate construirten Apparate zu Biegungs- und Torsionsversuchen beschreiben.

Paris, den 18. August 1869.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.



Literatur- und Notizblatt.

Register zum Literatur- und Notizblatt des fünfzehnten Bandes des Civilingenieur.

I. Sachregister.

(Die Nummern bedeuten die Seitenzahlen.)

II. Namenregister.

III. Verzeichniß der Zeitschriften, über welche Referate gegeben worden sind.

IV. Verzeichniß der besprochenen Werke.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 1.

Literatur.

Lehrbuch der praktischen Geometrie von Dr. G. Chr. K. Hunäus, Professor an der polytechnischen Schule zu Hannover. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 211 Holzschnitten. Hannover. Carl Rümpler. 1868.

Dieses Lehrbuch schließt sich bezüglich der vorzüglichen Ausstattung ganz an das vor vier Jahren erschienene schöne Werk des Herrn Verfassers: „Die geometrischen Instrumente der gesammten praktischen Geometrie" an, ist aber völlig unabhängig von jenem zu benutzen, indem es ebenfalls die wichtigeren Meßinstrumente in guten Zeichnungen darstellt und die Methoden ihrer Prüfung und Justirung vorträgt. In theoretischer Beziehung steht dasselbe weit höher, als die vor 20 Jahren erschienene erste Auflage, geht auch weiter als das ausgezeichnete Werk von Bauernfeind: „Elemente der Vermessungskunde", München 1862, indem es auch die Ausgleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate und die Grundzüge der höheren Geodäsie ausführlicher behandelt. Die benutzten Beispiele sind übrigens der eigenen Praxis des Herrn Verfassers entlehnt, was wir hier rühmend hervorzuheben nicht unterlassen wollen. Somit glauben wir dieses Werk sowohl den Studirenden an höheren technischen Anstalten, als zum Selbststudium auf's Wärmste empfehlen zu müssen.

Lehrbuch der Analytischen Mechanik von M. Ch. Delaunay. Nach der 4. Auflage des Originals deutsch bearbeitet von Dr. G. Krebs, Oberlehrer an der höhern Bürgerschule zu Wiesbaden. Mit 130 Abbildungen. Wiesbaden. C. W. Kreidel's Verlag. 1868.

Bekanntlich zeichnen sich die Werke Delaunay's durch große Klarheit und Einfachheit der Darstellung aus und auch das vorliegende Werk hat seine Brauchbarkeit genügend dadurch documentirt, daß dasselbe bereits 4 Auflagen erlebt hat. Es wird daher gewiß auch die vorliegende deutsche Uebersetzung ebenso viel Anklang finden, als die von Schellen dem deutschen Publikum zugänglich gemachte „Vorschule der Mechanik" desselben Verfassers und sich besonders als Leitfaden für Vorträge und zum Vorstudium für größere Werke eignen.

Dictionnaire général des termes d'Architecture en français, allemand, anglais et italien par Daniel Ramée, architecte, auteur de l'histoire générale de l'architecture etc. Paris. C. Reinwald, Libraire-éditeur. 15, rue des Saints-Pères. 1868.

Dieses Baulexicon giebt nur die Definitionen oder Erklärungen der französischen Fachbezeichnungen im Gebiete des Bauwesens mit Beifügung der deutschen, englischen und italienischen Ausdrücke für dieselben, unterscheidet sich also von dem in diesen Blättern besprochenen Mothes'schen Baulexicon dem Zwecke nach wesentlich, enthält auch keine Abbildungen. Was die deutschen Bezeichnungen anlangt, so sind uns hauptsächliche Fehler nicht aufgestoßen.

Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte auf dem Gebiete der Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie. Herausgegeben von Dr. H. Hirzel, Professor an der Universität und H. Gretschel, Lehrer der Mathematik zu Leipzig. Vierter Jahrgang. Mit 36 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig, Verlag von Quandt u. Händel. 1868.

Zum Jahresschlusse ist auch wieder das Jahrbuch der Erfindungen erschienen, das sich immer mehr einbürgert und dies auch völlig verdient. In Bezug auf Mechanik und mechanische Technologie ist der heurige Jahrgang etwas ärmlich ausgestattet (einige 50 Seiten), wogegen die Chemie und chemische Technologie ungefähr die Hälfte des Buches (160 Seiten) füllt. Der Literaturbericht ist diesmal weggelassen, und da die physikalischen und chemischen Fächer schon genug Platz beanspruchen, so würde vielleicht anzurathen sein, künftig auch den Abschnitt über Mechanik wegzulassen.

Bau- und Gewerbskalender für das Jahr 1869. Bearbeitet von E. Hemberle und E. Bardenwerper. Lahr. Druck und Verlag von J. H. Geiger (Moritz Schauenburg). 1869.

Eine andere Publication, welche sich an den Jahresschluß knüpft, ist der vorliegende Süddeutsche Baukalender, eine Nachahmung des beliebten Essener Ingenieurkalenders, aber für badisches oder schweizerisches und Metermaaß eingerichtet. Umfang und Form des Buches, Druck desselben, Auswahl der aufgenommenen Tabellen sind durchaus lobenswerth.

Ingenieur-Kalender für Maschinen- und Hüttentechniker. 1869. Eine gedrängte Sammlung der wichtigsten Tabellen, Formeln und Resultate aus dem Gebiete der gesammten Technik, nebst Notizbuch. Unter gef. Mit-

wirkung mehrerer Bezirksvereine des Vereines deutscher Ingenieure bearbeitet von H. Stühlen, Ingenieur und Eisengießereibesitzer in Deutz. Vierter Jahrgang. Essen. Druck und Verlag von G. D. Bädeker.

Der Jahresschluß hat auch diesmal wieder den beliebten Ingenieur-Kalender gebracht, der sich dadurch von den vorigen Jahrgängen unterscheidet, daß auf die nunmehr bald bevorstehende allgemeine Einführung des Metermaaßes etwas mehr Rücksicht genommen ist. Wir finden daher zwei neue Tabellen zur Reduction von preußischen Zollen auf Millimeter und unter anderen Verbesserungen ist auch eine Tabelle der Thermometerscalen zu erwähnen, während im Uebrigen Nichts Wesentliches an der bewährten zweckmäßigen Einrichtung dieses Taschenbuches geändert worden ist.

Die Schiebersteuerungen. Mit besonderer Berücksichtigung der Locomotiven-Steuerungen. Von Dr. Gustav Zeuner, Professor der Mechanik und theoretischen Maschinenlehre am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 54 in den Text eingedruckten Holzstichen und 5 lithographirten Tafeln. Leipzig. Verlag von Arthur Felix. 1868.

Ueber die Bedeutung dieses bereits in dritter Auflage erscheinenden und in's Französische und Englische übersetzten Werkes haben wir hier nichts mehr zu sagen, sondern nur zu bemerken, daß in der neuen Auflage besonders die Steuerungen mit einem Schieber eingehender behandelt sind, die Zahl der Beispiele vermehrt ist, über die Winkel, unter welchen das Excenter bei verschiedenen Maschinenanordnungen aufzukeilen ist, sowie über die Construction der Schieberellipsen ausführlichere Anleitungen ertheilt sind, bei den Coulissensteuerungen auch derjenigen von Pius Fink gedacht und sonst manche Verbesserung angebracht ist. Auch ist die noble Ausstattung dieses Buches hervorzuheben, welches jetzt in keiner Maschinenbauanstalt mehr vermißt werden sollte.

Die Dampfmaschinen-Berechnung mittelst praktischer Tabellen und Regeln zur leichten, schnellen und sichern Anwendung auf alle Gattungen doppeltwirkender Dampfmaschinen, sammt zugehörigen Schwungrädern, Dampfkesseln, Heizungen, Anschaffungs- und Betriebskosten, mit Zugrundelegung der neuen, auf Bölcker's Indicator- und Bremsversuche gestützten Dampfmaschinentheorie. Nebst einem Grundriß der Dampfmaschinentheorie und Constructionsregeln für die wichtigsten Expansions-Schiebersteuerungen. Von Joseph Hrabák, k. k. Kunst- und Bauwesensadjunct, d. Z. suppl. Professor der Maschinenlehre an der k. k. Bergakademie in Pribram. Zweite wesentlich vermehrte Auflage. Prag, Druck und Verlag von Heinr. Merch. 1869.

Aus dem ausführlichen Titel der vorliegenden Schrift ist zu ersehen, welche Aufgabe sich dieselbe gestellt hat. Sie sucht durch zahlreiche Tabellen die Berechnung der Dampfmaschinen nach der neueren Wärmetheorie soviel wie möglich zu erleichtern, und vereinigt in einem handlichen Buche Alles das, was hierbei in Frage zu ziehen ist, giebt auch zugleich die Ableitung der Formeln, nach welchen die Tabellen berechnet sind. Die zweite Auflage ist wesentlich erweitert gegen die vor 2 Jahren erschienene erste Auflage, und das rasche Erscheinen einer neuen Auflage beweist gewiß am besten, welchen Beifall dieses praktische Buch gefunden hat.

Zirkelzeichnen zum Gebrauche an Gewerbeschulen, Schulen für Bauhandwerker und polytechnischen Vorbildungsanstalten. Von Dr. A. Stuhlmann, Lehrer der öffentlichen Gewerbeschule und der öffentlichen Schule für Bauhandwerker in Hamburg. Allgemeiner Theil. Mit 12 lithographirten Tafeln. Hamburg. F. H. Nestler u. Melle. 1869.

Zweck dieses methodischen Unterrichtes im Zeichnen mit dem Zirkel ist die möglichst rasche Vorbereitung für den Unterricht im Fachzeichnen oder zur darstellenden Geometrie. Daher ist in diesem Hefte hauptsächlich das praktisch Wichtige und Nothwendige berücksichtigt. Uebrigens beschränkt sich auch der Text auf die nothwendigsten Erläuterungen, da eine weitere mündliche Anweisung von Seiten des Lehrers vorausgesetzt wird. Diese Erläuterungen sind aber den Tafeln unmittelbar beigesetzt, was sehr bequem ist. Wir bezweifeln nicht, daß nach dieser von einem erfahrenen Lehrer ausgehenden Methode gute Erfolge zu erzielen sein werden.

Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement, in chemisch technischer Beziehung für Fabrikanten, Bautechniker, Ingenieure und Chemiker. Von Dr. W. Michaelis, Bergakademie Berlin. Mit 62 Abbildungen im Text. Leipzig. Verlag von Quandt u. Händel. 1869.

Unsern Lesern kann nicht unbekannt geblieben sein, daß der Herr Verfasser obigen Werkes bereits seit Jahren sich mit seinem Gegenstande beschäftigt hat, und sie werden daher diese erste, völlig wissenschaftlich gehaltene Schrift über hydraulische Mörtel mit vielem Interesse zur Hand nehmen. Sie handelt nach einer kurzen Einleitung über Kalk und Luftmörtel zunächst von den Puzzolanen, zu denen auch Traß und Santorinerde zu rechnen sind, und deren Prüfung, dann von den hydraulischen Kalken und ihrer Untersuchung, hierauf drittens von den künstlichen hydraulischen Kalken und Portlandcementen, den dazu gehörigen Materialien, der Bereitung und Verpackung, ihren Eigenschaften, Proben u. s. w. und viertens von der Anwendung der hydraulischen Mörtel zu Beton, Meeresbauten u. dergl. Möchte dieses Werk eifrig studirt und in seinem Geiste fortgearbeitet werden, damit durch die wohlverstandene Anwendung der hydraulischen Mörtel und besonders des Portlandcementes das Hoch- und Kunstbauwesen recht gefördert werde.

Etudes sur l'Exposition de 1867. Annales et archives de l'Industrie au XIX[e] siècle, nouvelle Technologie des arts et métiers, des manufactures, de l'agriculture, des mines etc., description générale, encyclopédique, méthodique et raisonnée de l'état actuel des

arts, des sciences, de l'industrie et de l'agriculture chez toutes les nations, Recueil de travaux historiques, techniques, théoriques et pratiques par MM. les Rédacteurs des Annales du Génie civil avec la collaboration de Savants, d'Ingénieurs et de Professeurs français et étrangers. E. Lacroix, Directeur de la Publication. 7. série. Fascicules 33 à 35. Paris. Librairie scientifique, industrielle et agricole. Eugène Lacroix. Quai Malaquais.

Mit diesen Lieferungen schließt der 7. Band der großen Encyclopädie über die Pariser Ausstellung, deren wir in diesem Bl. wiederholt Erwähnung gethan haben. Sie enthalten von solchen Artikeln, welche unsere Leser besonders interessiren dürften, zunächst die Fortsetzung des Berichtes über Eisenbahnwesen von Bénoit-Duportail, Moranbière und Sambuc, dann einen Artikel über Vergnügungsschiffe von Eveillard, die Fortsetzung über landwirthschaftliche Maschinen von Grandvoinnet, und einen 2. Artikel über Uhrmacherei von Berlioz.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XVIII, 1868, Heft 8 bis 12. (Schluß.)

Röbling, Drahtseilbrücke über den Ohio bei Cincinnati. — Zwischen Cincinnati und Covington besitzt der Ohio 305 Meter Breite, wächst aber bei Hochwasser bis zu 700 Meter an. Deshalb hat die hiesige Hängebrücke eine Hauptöffnung von 322,38 Meter Spannweite erhalten, während die beiden Oeffnungen unter den Rücktauen 85,7 Meter Weite besitzen. Die lichte Höhe der Brückenbahn beträgt in der Mitte bei Niedrigwasser 30,8 Meter, die Höhe der Thürme 73,8 Meter. Letztere stehen auf einem Roste von 33,55 Meter Länge und 22,9 Meter Breite, auf welchen der größte Druck pro Qu.-Centimeter nur 3,937 Kilogr. beträgt. Die beiden Hängeseile bestehen aus 5180 Drähten und sind 31,3 Centim. stark; sie sind mit 5560 Kilogr. pro Qu.-Centim. (?) in Anspruch genommen und haben 27,1 Meter Pfeilhöhe. Bei Ausführung dieser Kabel, welche aus sechs um eine gleichstarke Seele gruppirten Seilen bestehen, sind alle Drähte durch freies Aufhängen zwischen den Thürmen so angespannt worden, als sie in der fertigen Brücke in Anspruch genommen sind, und die sieben vereinigten Seile sind dann dreimal mit Leinölfirniß gestrichen und mit verzinktem Draht umwickelt worden. Auf den Pfeilern liegen 3,3 Meter lange, 170 Ctr. schwere Sättel mit 32 Rollen und die Verankerung der Drahttaue besteht aus Ketten, deren Glieder aus 15 bis 16 3 Meter langen, 23 Centim. breiten und 34 Millim. starken Stäben zusammengesetzt sind. Die Entfernung der Drahttaue von einander beträgt auf den Pfeilern 12,25, in der Mitte der Brücke 7,33 Meter, wodurch den Seitenschwankungen vorgebeugt werden soll. Gegen die Längenschwankungen sind 76 von den Sätteln ausgehende schräge Drahtseile angebracht und die Brückenbahn ist an den Kabeln in Entfernungen von 1,5 Meter mittelst Drahtseilen aufgehangen. Sie besteht aus einem 3 Meter hohen Gitterwerk aus Façoneisen und ist auf die ganze Länge von 503 Meter zusammenhängend dargestellt. Innerhalb der Kabel liegt eine Fahrbahn mit Pferdebahngeleisen, außerhalb derselben sind die Fußwege, sodaß die Gesammtbreite 10,98 Meter beträgt. Gesammtkosten 1769000 Dollars.

Schwedler, über die Stabilität flacher tonnenförmiger Kappen. — Interessante Untersuchungen, auf welche jedoch hier nicht näher eingegangen werden kann.

Schwedler, eiserner Oberbau der Oderbrücke in Breslau in der rechten Oderufereisenbahn. — Fachwerksbrücke mit gekreuzten Diagonalen in den mittleren, einfachen in den Seitenfeldern und vereinigten Gurtungen an den Auflagern. Lichtweite der Oeffnungen 28,7 Meter und Spannweite zwischen den Auflagern 30 Meter. Gewicht des eisernen Oberbaues pro Oeffnung und Gleis an Schmiedeeisen 639,58 Ctr., an Gußeisen 38,66 Ctr. oder pro lauf. Meter Geleis 24,1 Ctr. Die Berechnung ist beigefügt.

Schwedler, eiserner Ueberbau für die großen Oeffnungen der Elbbrücke bei Tangermünde. — Ebenfalls eine Fachwerkbrücke, bei welcher die Gurtungen am Ende zusammengeführt sind und die Krümmung so gewählt ist, daß die Diagonalen nur auf Zug in Anspruch genommen sind. Das Project ist nicht ausgeführt worden, doch sind die dargestellten Fachwerksträger, deren vollständige Berechnung mitgetheilt wird, für eine etwas weiter abwärts gelegene kürzere Brücke beim Dorfe Hämerten angewendet worden. Lichte Weite der Oeffnungen 63,4 Meter, freitragende Länge der Eisenconstruction 65,9 Meter. Abstand der Auflagerpunkte der Tragwände auf den Strompfeilern 1,88 Meter. Die beiden Gleise werden durch hölzerne Querschwellen, Schwellenträger und Querverbindungen von 2 Hauptträgern getragen. Die Querträger haben 8,46 Meter freitragende Länge. Eisengewicht einer Oeffnung 69246,8 Ctr. oder pro laufendes Meter Geleise 36,33 Ctr.

Dalmann, der Hafen von Hamburg-Altona. — Zum Schluß der ausführlichen Schilderung des Hamburger Hafens werden die dortigen Krahne beschrieben. Es waren dafür 20 Krahne mit 6,9 bis 8,6 Meter Ausladung und resp. 32 und 24 Ctr. Last projectirt, welche auf einem 2 Meter weiten Geleise laufen, nicht höher als 5,75 Meter über die Schienen ragen und die Last mit ca. 0,57 Meter Geschwindigkeit bis auf 9,7 Meter Höhe heben, auch nach jeder Seite eine Drehung um 180° ausführen sollten. Auf diese Submissionsbedingungen offerirte die Cockerill'sche Anstalt Luftkrahne, Nagel in Hamburg Turbinenkrahne, Lange und Zeise in Altona hydraulische, Behne u. Hertz in Harburg Dampfkrahne, Hoppe in Berlin Krahne, die von einer stationären Maschine aus durch eine Flüssigkeit oder comprimirte Luft betrieben werden sollten, Moltrecht in Hamburg, Waltjen in Bremen, Schwartzkopff in Berlin und drei englische Firmen bewegliche Dampfkrahne. Bei den Letzteren hing theils der Krahn ohne Unterstützung auf der Grundplatte frei auf einer starken Krahnsäule, theils wurde er durch conische Laufrollen und eine Krahnsäule gestützt, theils waren Frictionsrollen und ein Zapfen ohne Krahnsäule, theils Laufrollen ohne Krahnsäule und Mittelzapfen projectirt. Nach Prüfung der Projecte durch eine Commission wurden Dampfkrahne von Waltjen u. Comp., von Appleby Bro-

thers und von Brown Wilson u. Comp. in London bestellt, von letzteren beiden Firmen auch rechtzeitig angeliefert. Bei der Probe erhielt der Brown'sche Krahn den Preis, da er rascher und geräuschloser arbeitete und weniger Kohlen und Bedienung brauchte, obwohl ihm jede Bremsung fehlt. Letzterer Mangel ist übrigens noch beseitigt worden. Außer diesen Dampfkrahnen, deren Abbildung mitgetheilt ist, arbeiten auf dem Kai noch eine Anzahl bewegliche Handkrahne und hydraulische Krahne und es stellten sich die Kosten für 1 Appleby'schen Dampfkrahn zu 32 Ctr. auf 3900 Thlr., für 1 Waltjen'schen zu 60 Ctr. auf 3860 Thlr., für einen dergl. zu 100 Ctr. auf 5300 Thlr., für einen Brown'schen zu 32 Ctr. auf 4350 Thlr., für einen hydraulischen Krahn zu 20 Ctr. auf 1480 Thlr. und für einen Handkrahn zu 20 Ctr. auf 950 Thlr. Die 19 Dampfkrahne brauchten im Jahre 1867 an Bedienungs- und Unterhaltungsaufwand 12770 Thaler.

Hartmann, die Felsensprengungen im Rhein. — (Schluß.) Zur Beseitigung der beim Sprengen stehen gebliebenen Spitzen wurde ein Taucherschacht angeschafft, bestehend aus einem 5,85 Meter hohen, 2,51 Meter weiten Eisenblechcylinder mit zwei 1,88 Meter hohen Luftschleußen zum Ein- und Aussteigen. Derselbe hing zwischen 2 Schiffen, mittelst deren er an Ort und Stelle gefahren wurde; dann wurde er festgeankert, voll comprimirte Luft gepumpt und auf den Boden gedrückt. Die Arbeiter lösten das Gestein mit Keilen, Brechstangen und Hämmern. Zur weiteren Beschleunigung der Sprengarbeiten wurden nun auch bei Schwartzkopff in Berlin vier Dampfbohrmaschinen bestellt, bei deren Anwendung sich aber anfangs sehr viel Schwierigkeiten ergaben und lange vergebliche Versuche gemacht wurden. Nachdem die Bohrmaschine fallhammerartig abgeändert worden war, erzielte man bessere Resultate und ließ daher eine neue Maschine mit mehr Hub und Handsteuerung bauen. Mit diesem Apparate sind zuletzt pro Arbeitsschicht 9⅝ Löcher oder 16 Meter Loch von 8 Centim. Weite abgebohrt worden. Nähere Angaben über die Leistungen und Mittelpreise sind in unserer Quelle nachzusehen.

Simon, der Tunnel bei Altenbeken. — (Schluß.) Die Förderung der Berge geschah bei nicht mehr als 9 Meter tiefen Schächten mittelst Wurf, bei weniger als 30 Meter Tiefe mittelst Haspel, bei mehr Tiefe durch Dampfgöpel. Die Streckenförderung konnte anfangs nur in Hunten von 0,8 Cubikmeter Inhalt geschehen, später in großen, 3,6 Cubikmeter fassenden Wagen auf Schienenbahnen. Die Kosten der letzten Förderung betrugen bei durchschnittlich 1100 Meter Entfernung 12 Sgr. 11 Pf. pro Cubikmeter. Die Gesammtkosten der Förderung berechneten sich aber zu 23 Sgr. pro Cubikmeter oder zu ca. 56 Thlr. pro lauf. Meter Tunnel. Der Holzverbrauch betrug durchschnittlich pro Cubikmeter hergestellten Raum 20¼ Sgr., ein Lehrbogen kostete 60 Thlr. und es wurden durchschnittlich auf 1 Cubikmeter Mauerwerk für Lehrbögen, Schaallatten und Schablonen 19,5 Pf. verausgabt. Bei den Mauerarbeiten galten folgende Contractpreise pro Cubikmeter: Fundamentmauerwerk 1 Thlr. — Sgr. 4 Pf., Widerlagsmauerwerk 1 Thlr. 14 Sgr. 11 Pf., Gewölbemauerwerk 2 Thlr. 7 Sgr. 5 Pf., trockene Hinterpackung 16 Sgr. 10 Pf. und Ausfugung pro Quadratmeter 3 Sgr. 6,3 Pf. Diese Preise genügten indessen nur an trockenen und bequemen Punkten, an sehr schwierigen Punkten mußte für Fundament- 1 Thlr. 28 Sgr. 11 Pf., für Widerlags- 3 Thlr. 11 Sgr. 1 Pf., für Gewölbemauerwerk 6 Thlr. 22 Sgr. 2 Pf. gezahlt werden. Durchschnittlich kann man das Arbeitslohn pro Schachtruthe Mauerwerk zu 2 Thlr. 29 Sgr. — Pf. und pro lauf. Meter Tunnelausmauerung auf 44 Thlr. 16 Sgr. berechnen. Ferner wurden pro Cubikmeter 0,4 Cubikmeter Mörtelmaterialien gebraucht und es kostet das Cubikmeter fertiges Mauerwerk incl. Materialien und Nebenkosten durchschnittlich 7 Thlr. 25 Sgr. 10 Pf. Weit speciellere und ausführlichere Angaben enthält unsere Quelle.

Hilf, zweitheiliger eiserner Oberbau. — Bei einem eisernen Oberbau darf die auszuwechselnde Oberschiene nicht viel Material beanspruchen, sie muß ferner leicht zu walzen und an den Schienenstößen solid verlascht sein, und ihre Verbindung mit der Langschwelle muß bei aller Solidität einfach und ohne Verrückung der Langschwelle lösbar sein. Die Langschwelle muß eine breite Lagerfläche bieten, leicht zu walzen sein und im Bettungsmaterial einen festen Halt gewähren. Die Querverbindungen sollen einfach und leicht lösbar sein, aber eine sichere Erhaltung und leichte Regulirbarkeit der Spurweite gewähren. Bei dem dargestellten Oberbausystem ist demgemäß eine breitbasige Schiene mit unterschnittenem Kopf und Laschenverbindung, welche 25,4 Kilogr. pro lauf. Meter wiegt und 6 Meter Länge besitzt, zur Oberschiene gewählt worden. Dieselbe ist mit 18 Schraubenbolzen, welche sammt Deckplättchen 10,6 Kilogr. wiegen, auf ⊔förmigen eisernen Langschwellen von 5,86 Meter Länge und 33 Centim. Breite befestigt, welche 39,85 Kilogr. pro lauf. Meter wiegen und sich in Folge der beiden Hohlräume auf der Unterfläche fest in die Bettung einlagern. Die Querverbindung endlich wird durch 1,68 Meter lange, sammt Unterlagsscheiben und Muttern 24,18 Kilogr. schwere Rundeisenstangen (drei für jede Schiene) bewirkt. Hiernach würde das lauf. Meter Geleise 139,5 Kilogr. wiegen und 9 Thlr. 26 Sgr. kosten. Die mit diesem Oberbausystem auf der Nassauischen Bahn angestellten Versuche haben sehr günstige Resultate gegeben.

Latham, Reinigung und Verwerthung des Hauswassers. — (Schluß.) Als Hauptgewinn ist natürlich die Verhütung der Verunreinigung der Flüsse anzusehen und diese wird völlig erzielt, indem z. B. in Croydon das gereinigte Hauswasser reiner an fremden Bestandtheilen ist, als das Wasser der Wasserwerke. Außerdem werden aber auch enorme, mehr als noch einmal so starke Heuernten erzielt und das erzeugte Heu wirkt ebenso gut bezüglich des Milchertrages als anderes. Zu derartigen Berieselungen, welche 40 Tons Gras pro Acre geben, sind etwa 4860 Tons Wasser pro Acre nöthig, oder das Hauswasser von 100 Personen. Dabei sind sie für die Gesundheit der Anwohner durchaus unschädlich, weil die Stoffe im Hauswasser alle aufgelöst sind, der Boden die Gase auffangt und das kräftige Wachsthum der Pflanzen dem Verwesen entgegentritt. Auf den Wiesen bei Edinburg ist übrigens seit mehr als 100 Jahren das Hauswasser mit großem pecuniären Vortheil zur Berieselung verwendet worden. In Croydon leitet man das Hauswasser zuerst in offene Behälter, wo sich die unlöslichen festen Stoffe absetzen, führt dann die Flüssigkeit in Canälen nach dem Berieselungsterrain in Beddington, welches nach dem Felder- und Rinnensystem vorbereitet und mit italienischem Roggengras bestellt ist, und

über welches das Hauswasser in offenen Canälen vertheilt ist, und läßt es hierauf in den Fluß ablaufen.

v. Rehus, der Diggswell-Viaduct der Great-Northern-Eisenbahn in England. — Nach Art der römischen Aquäducte ist dieser Viaduct mit einfacher Bogenreihe und mit Ausfüllung der großen Mauermassen mittelst Cement und Mörtel gebaut. Er hat 40 Bögen von 9,15 Meter Spannweite und eine Gesammtlänge von 476,7 Meter, ist 30,5 Meter hoch und kostete 460000 Thaler.

Lipke, die Chausseewalze von Ketzer und Lehmann. — Günstiger Bericht über diese in unserm Bl. bereits beschriebene Chausseewalze mit Umlenkvorrichtung.

Franzius, über Gründungen für Viaducte. — Wenn der feste Baugrund bei 10 Meter Tiefe liegt, so ist Brunnensenkung den Schächten noch vorzuziehen, wenn der Boden gleichmäßig ist. Es wird viel Holz erspart und die Arbeit ist gefahrloser, weil der Boden durch Baggern gewonnen wird. Runde Brunnen sinken gleichmäßiger als viereckige, letztere sind aber oft nicht zu entbehren und bei vorsichtigem Senken ebenfalls gut ausführbar. Beim Bau des Sandthorhafenquais in Hamburg hat man z. B. 6 Meter lange, 4,2 Meter breite Brunnen verwandt, welche alle 9 Meter auf 7 Centim. starken hölzernen Schlingen stehen und durch ein 0,75 Meter starkes Gewölbe miteinander verbunden sind. Sie wurden 0,9 Meter stark aus Ziegeln aufgemauert, dann mit Maschinen ausgebaggert und ganz mit Beton gefüllt.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1868. Band XII, Heft 7.

Heinemann, über die Dampfkesselexplosionsfrage. — Auf Grund mathematischer Ableitungen sucht der Herr Verfasser zu beweisen, daß die Gefahr solcher Explosionen in einer plötzlich eintretenden Verminderung der Dampfspannung liege und mit der Schnelligkeit dieser Druckabnahme, mit der Größe des Wasserraumes, dem Durchmesser des Dampfdomes und mit der Entfernung der Ventile vom Wasserspiegel wachse, und empfiehlt hierauf gewisse Vorkehrungen.

Resch, über Henschel'sche Turbinen. — Zeichnungen einiger derartiger Turbinen (sogenannte Jonval-Turbinen) und Notizen über Anfertigung derselben.

Die graphische Statik von Culmann. — Besprechung dieses bereits im Jahre 1866 bei Meyer & Zeller in Zürich erschienenen ausgezeichneten, aber freilich schwer verständlichen Werkes.

Schlink, über Ehrhardt's direct- und doppeltwirkende Wasserhaltungsmaschinen. — Die Preußische Berg- und Hütten-Actiengesellschaft hat für eine neue Tiefbauanlage ein von dem zeitherigen Arrangement der Wasserhaltungsmaschinen sehr abweichendes System ausgeführt, indem sie an den Enden eines Balanciers zwei sich ausgleichende Schachtgestänge aufhing und diese durch eine Dampfmaschine bewegt, deren Kolbenstange in der Hälfte des einen Balancierarmes angreift. Noch interessanter ist das Ehrhardt'sche System, bei welchem das Gestänge nicht blos ziehend, sondern auch schiebend thätig ist. Soll nun der Dampf beim Auf- und Niedergange die gleiche Leistung verrichten, so muß das Gewicht des Schachtgestänges G dem gesammten nützlichen Dampfdrucke auf den Kolben D gleich, oder halb so schwer sein, als der Druck der Wassersäulen auf die Pumpenkolben W. Beim doppelt wirkenden System sind also nur halb so große Cylinderquerschnitte nöthig, als beim einfach wirkenden. Die Gestänge sind kastenartig geformt, aus ⊔ Eisen und breiten Schienen zusammengesetzt und müssen sehr sorgfältig ausgeführt werden. Eine 150pferdige Maschine dieses Systemes kostet 10750 Thlr. und stellt sich gegen eine doppeltwirkende Balanciermaschine wie 1 : 1,23, zu einer einfachwirkenden Cornwaller Maschine wie 1 : 1,44, zu einer doppeltwirkenden Woolf'schen Maschine wie 1 : 1,63 und zu einer einfachwirkenden Woolf'schen Maschine wie 1 : 1,86.

Heim, das Bohren in Schmiedeeisen. — Nach neueren Erfahrungen giebt die auf S. 63 des vor. Jahrg. d. Bl. angeführte Formel für die vortheilhafteste Umdrehungszahl zu hohe Werthe und ist mit der Formel $\mu = 11000 \frac{\sqrt{d}}{d^2}$ zu vertauschen. Die Arbeit pro Umdrehung ist $0{,}265\,d\sqrt{d}$ Kil.-Meter $= 0{,}00353\,d\sqrt{d}$ Pferdekräfte.

Rosenhain, Apparat zum Einbringen von Kesselsteinpulver. — Der hier abgebildete und beschriebene Apparat ist durch R. A. Wens u. Comp. in Berlin zu beziehen und besteht aus einem Ballon, welcher durch ein Hahnrohr auf dem Kessel befestigt wird, und dessen unterer Theil durch ein bis in das Wasser reichendes Rohr mit dem Wasserraume des Kessels communicirt, während sein oberer Raum durch ein anderes Hahnrohr mit dem Dampfraume des Kessels in Verbindung steht und außerdem eine verschließbare Einfüllöffnung besitzt. Nach Verschluß der Hähne wird dieser Ballon mit dem in Wasser angerührten Kesselsteinpulver gefüllt, oben geschlossen und dann dadurch entleert, daß man erst den Dampfhahn öffnet und hierauf auch den unteren Hahn aufstellt. Weigel's Kesselsteinpulver ist in einer Menge von ½ Pfund für einen 10 bis 12pferdigen Kessel zu verwenden.

Napier's Hebevorrichtung nach dem Princip der Differentialbremse. — Wenn eine Radwelle mit zwei hintereinanderliegenden Differentialbremsen (vergl. Civilingenieur, Bd. IX, S. 223) versehen wird, so läßt sich durch abwechselndes Heben und Senken des Drehpunktes eine Drehung der Scheibe und ein Heben der Last erzielen.

Fragbogen über Fangvorrichtungen. — Von dem Verwaltungsrathe des Sächs. Ingenieurvereines ist an die Directoren von Bergwerken mittelst Zusendung eines die wichtigsten Umstände bei Seilbrüchen berücksichtigenden Fragbogens die Aufforderung zur Sammlung von Daten über die Wirksamkeit der Fangvorrichtungen erlassen worden, damit hierdurch Material für die Beurtheilung dieser wichtigen Apparate gewonnen werde. Die vorgelegten Fragen sind folgende: wann erfolgte der Seilbruch, in welchem Schachte und in welchem Fördertrume desselben; von welcher Beschaffenheit ist der Schacht, wann war das Seil aufgelegt und welche Beschaffenheit besaß dasselbe; aus welcher Teufe wird gewöhnlich gefördert; welche ist die gewöhnliche Förderlast und die gewöhnliche Fördergeschwindigkeit; wie groß ist das durchschnittliche tägliche Förderquantum; welche Einrichtung hat die Fangvorrichtung und die Leitung; erfolgte der Seilbruch beim Ein- oder Ausfördern und in welcher Tiefe, bei welcher Last und Geschwindigkeit; wie lang war der nach dem Sturz verbliebene Seilschwanz und hat derselbe Beschädigungen im Schachte verursacht; welche Beschaffenheit zeigte

das gerissene Seil; fing die Fangvorrichtung und welchen Weg hat das Gerüst nach dem Seilbruche noch zurückgelegt; welche Veränderungen erfuhr das Gerüst nach dem Fangen und die Leitung; was geschieht zur Instandhaltung und Beaufsichtigung des Seiles und der Fangvorrichtung; von welchen sonstigen Erscheinungen und Umständen ist der Seilbruch begleitet gewesen?

Klette, Kalkziegelpresse. — Diese Presse besteht aus einem Holzgerüst mit zwei übereinanderliegenden, um die Stärke der Ziegelform voneinander entfernten Walzen, von denen die obere durch Handspeichen gedreht wird. Am untern Ende des Gerüstes befinden sich zwei Stempel zum Ausstoßen des Ziegels. Die Form ist aus Gußeisen gefertigt, mit 2 Böden, wovon einer fest und mit zwei Durchbrechungen für die Ausstoßstempel versehen ist, während der obere blos lose aufliegt und sich um einen Bolzen drehen kann. Diese Form wird von einem Arbeiter mit der Masse gefüllt, der Deckel aufgelegt und das Ganze bis an die Walzen geschoben, welche ein zweiter Arbeiter in Umdrehung setzt, um den Kasten durchzuziehen. Dann wird der Deckel abgehoben und der Kasten entleert. Eine solche Presse liefert pro Stunde 80 Ziegel und kostet 20 Thaler.

Bagge, Lager für Ventilatorwellen. — Für Ventilatoren, welche heiße Hohofengase ansaugen, hat Bagge ein Lager construirt, welches aus einem hohlen, mit Sägespänen gefüllten und mit einem Einguß zur Zuführung von Kühlwasser, sowie einem Abfluß für das warme Wasser versehenen Gehäuse besteht.

Kankelwitz, über den zulässigen Zapfendruck. — Zur Vermeidung des Warmlaufens der Zapfen soll man den Druck pro Qu.-Centimeter für Schmiedeeisen nicht über 50, für Stahl nicht über 70 und für gehärteten Stahl nicht über 90 Pfund steigen lassen.

Gesteinsbohrmaschinen von Sievers u. Comp. in Kalk. — Diese Bohrmaschine ist der Sachs'schen bis auf einige Details gleich. Das Gestell bildet mit der Maschine einen Dreifuß; in der Spitze der drei Beine befindet sich eine kleine Winde zum Anheben eines 3 Ctr. schweren Gewichtes, durch welches die Maschine mit dem Gestelle bei der Arbeit in der richtigen Lage erhalten wird. Mit dieser Maschine können geneigte Löcher von 45 bis 85 Grad Neigung gegen den Horizont hergestellt werden. Beim Bohren in Niedermendiger Sandstein rückte ein 32 Millim. starker Bohrer in der Minute um 160, in Basalt um 50 Millimeter vor, wobei die comprimirte Luft 1,53 Kilogr. Ueberdruck besaß.

Langen, über die Langen-Otto'sche Gaskraftmaschine. — Bei der Lenoir'schen Maschine, wo der Kolben durch die abwechselnde Explosion des Gasgemisches zu beiden Seiten des Kolbens hin- und herbewegt wird, verlieren die Gase an Spannung, weil das Schwungrad den Kolben hindert, der treibenden Kraft frei zu folgen, auch sind wegen der begrenzten Geschwindigkeit des Kolbens nur schwach explodirende Gase anwendbar. Bei der Langen-Otto'schen Gasmaschine werden dagegen starkexplodirende Gase verwendet, indem sich der Kolben in einem langen Cylinder möglichst frei, d. h. ohne Verbindung mit dem treibenden Mechanismus bewegt. Am Ende des Kolbenhubes wird der Kolben in Folge der durch Condensation der Verbrennungsgase entstandenen Luftleere unter dem Kolben durch den atmosphärischen Druck zurückgeschoben und im Moment des Wechsels mit dem treibenden Zeug in Verbindung gesetzt, sodaß eine durch ein Schwungrad geregelte Rotationsbewegung erzielt wird. Dies geschieht mit Hilfe eines aus einer Zahnstange (an der Kolbenstange) und einem Zahnkranze mit excentrischen Flächen an der Innenseite gebildeten Schaltwerkes. Der Zahnkranz sitzt nämlich lose auf der Welle und wird mit ihr dadurch verkuppelt, daß die excentrischen Erhöhungen gegen dazwischenliegende Rollen drücken. Die Entzündung des Gasgemenges erfolgt durch eine Gasflamme, welche im gehörigen Moment aufgedeckt wird. Eine sehr eingehende Besprechung und Beschreibung dieser Maschine findet sich in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbfleiß in Preußen. Dieser Motor zeichnet sich bezüglich des Gasverbrauches vortheilhaft vor den älteren Gasmaschinen aus, indem er pro Stunde und Pferdekraft nur 0,9 bis 1 Cubikmeter Gas verbraucht, während der Bedarf bei Lenoir's Maschine 2,8 und bei Hugon's Gasmaschine 3,2 Cubikmeter beträgt, endlich braucht er nur sehr wenig Wasser, während die Lenoir'sche Maschine 3 bis 4 Cubikmeter Kühlwasser braucht.

Moll, über Versuchsstationen für industrielle Zwecke. — Es fehlt ohne Zweifel an mechanischen Versuchsstationen, wo neue Kraftmaschinen, Transmissionen und dergl. gründlich geprüft werden könnten. Daher wird die Bildung eines Vereines vorgeschlagen, dessen Mitglieder das Recht haben sollen, derartige Versuche zu beantragen, während eine Generalversammlung nach vorgängiger Prüfung durch eine Commission über die Ausführung der Versuche zu beschließen hätte. Die Mittel zu solchen Versuchen würden durch Beiträge der Mitglieder, sowie durch Honorirung solcher Prüfungen von Maschinen und Apparaten, welche durch einzelne Erfinder an die Anstalt behufs der Erlangung eines Zeugnisses eingesendet würden, zu beschaffen sein.

Geisler, über den Einfluß der Strömung des Wassers in den Dampfkesseln. — Eine energische Strömung des Wassers in den Dampfkesseln muß die Uebertragung der Wärme von den Kesselwänden an das Wasser befördern und zugleich die Bildung einer festen Kesselsteinkruste hindern, unter allen Kesseln dürfte aber der Field'sche Röhrenkessel die energischste Strömung besitzen. Für andere Kesselformen empfiehlt sich die Anbringung innerer Leitungsbleche.

Allgemeine Bauzeitung. XXXIII. Jahrg. 1868, Heft 4 bis 6.

Morlok, die elektrischen Uhren des Bahnhofes in Stuttgart. — Vollständige, mit Zeichnungen und Kostenangaben versehene Beschreibung der von der Telegraphen- und Uhrenfabrik des Herrn Hipp in Neufchatel gelieferten vorzüglichen Einrichtungen, durch welche in sämmtlichen Localen des ausgedehnten neuen Bahnhofes in Stuttgart gleichgehende Uhren erzielt worden sind.

Ritter, über die Fehler der Winkelmessungen mit dem Theodolit. — Interessantes Beispiel für die Prüfung von Messungen mit dem Theodolit auf ihre Genauigkeit. Die zu Grunde gelegten Winkelmessungen ([illegible] an der Zahl) wurden mit einem Ertel'schen Theodolit mit 14,5 Centim. Theilkreisdurchmesser und 30 Cent. [illegible] des Fernrohres vorgenommen, dessen Theilkr[illegible]

Aufnahme der Kette passend gestaltete und durch zwei gleichgroße Zahnräder einander treibende Wellen, sodaß auf der einen Welle ebenso viel aufgewickelt, als von der andern abgewickelt wird, immer dieselbe Kettenlänge auf und zwischen den Wellen bleibt und die Kette sich stets normal zur Axe bewegt. Zur Bewegung der einen Welle sind zwischen dieselbe und die Kurbelwelle Zahnräder mit zweierlei Uebersetzung einzuschalten und diese Räder brauchen wegen des geringen Durchmessers der Kettenwellen nur schwach dimensionirt zu sein. Um das Herabfallen der Last bei einem Bruch an der Maschine zu verhüten, ist die Kette in der Nähe der Welle über eine gußeiserne Platte geführt, an welcher zwei um Bolzen drehbare sperrkegelartige Fänger befestigt sind, welche beim Vorwärtsgange der Kette durch die Kettenglieder zur Seite geschoben werden, beim Rückgange aber die Kette sofort festhalten. Derartige Winden sind mit Ausnahme der sorgfältiger hergestellten Ketten nicht theurer, als gewöhnliche Kettenwinden, nehmen wenig Platz ein, dürften aber wegen der stärkeren Biegung der Kette etwas theuer in der Unterhaltung werden.

Clauß, Project einer Wasser- und Gasleitung für die Stadt Goslar. — Dieses Project besteht in der zweckmäßigeren Fassung und Leitung der vorhandenen Quellen und des Gosebaches, deren Wassermenge auf 600 Cubikmeter in 12 Stunden berechnet ist. Die in gemauerten Brunnenstuben aufgefangenen Quellen werden in ein unterirdisches gemauertes Hochreservoir geleitet, aus welchem dann die gußeiserne Hauptleitung nach dem Mittelpunkte der Stadt geführt werden soll. Für das Wasser des Gosebachs sind zwei Grob- und zwei Feinfilter, sowie ein in Felsen ausgehauenes Reservoir projectirt. — Hieran knüpften sich Mittheilungen über die Wasserversorgung der Stadt Braunschweig, für welche das Wasser aus der Oker entnommen, in Ablagerungsbassins von ca. 1,8 Hektare Fläche geklärt und in Filtrirbassins vollständig gereinigt wird. Letztere haben eine 1,3 Meter starke Filtrirschicht aus Steinen, Kies und Grand, in welche der Schlamm auf nicht mehr als 3,5 Centimeter Stärke eindringt, sodaß sie im Sommer aller 3 bis 4, im Winter aller 8 Wochen einmal gereinigt werden müssen. Zum Heben des Wassers dienen ein Paar liegende rotirende Maschinen, von denen jede in 24 Stunden 6700 Cubikmeter Wasser auf 43,5 Meter Höhe zu heben hat. Derartige Maschinen sollen in der Anschaffung 1/3 billiger sein, als cornische Maschinen und bei Condensation und starker Expansion nicht mehr als 4 Pfund Kohle pro Pferdekraft brauchen. Beobachtungen über den Druckhöhenverlust, welchen das Wasser in den Röhren erleidet, haben die Brauchbarkeit der Weisbach'schen Formel bewiesen.

Kümmel, über die neuen Sielanlagen in Hildesheim. — Kurze Beschreibung der Anlage und Mittheilung einiger damit gemachten Erfahrungen.

Nienburg, die Hafenanlage zu Brake. — Das neue Hafenbassin liegt fast parallel zur Weser, hat 425 Meter Länge und 47 bis 150 Meter Breite, ist 5,9 Meter tief und in der Schleuse 13,8 Meter weit und besitzt einen Vorhafen von 42 Meter Breite und 120 Meter Länge. Die Beschreibung wird durch 5 Tafeln speciell erläutert.

Gleim, Theorie der Stützmauern. —

v. Kaven, leichte Dachconstruction von Bohlen. — Ueber der Köber'schen Gießerei in Harburg liegt ein mit Dachpappe gedecktes Dach, welches in 3 Meter Abstand aus schwachen Hölzern hergestellte fachwerkartige Binder von 15 Meter Spannweite besitzt. Die meisten Hölzer (geschnittene Bohlen) sind nur 7,3 bei 19,4 Centimeter stark.

Herzbruch, verbesserter Schneepflug auf den Schleswigschen Bahnen. — Dieser vom Maschinenmeister Constantine gebaute Schneepflug ruht auf drei 14 Centimeter starken Axen, ist 2,84 Meter breit, 10,9 Meter lang, mit 150 Ctr. Steinen beschwert und vorn mit einer breiten, über den Schienen hingehenden Schneide versehen, durch welche die Schneemassen abgelöst und zum Aufsteigen auf das keilförmige Schild veranlaßt werden, von welchem sie dann auf die Seite geworfen werden. Von drei schweren Locomotiven getrieben hat der hier abgebildete Pflug im vorigen schneereichen Winter 2 Meter tiefe Einschnitte mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen pro Stunde gesäubert.

Stock, Speisewasserleitung für den Bahnhof Goslar. — Zur Versorgung der Locomotiven der Goslar-Vienenburger Eisenbahn mit Speisewasser ist auf Bahnhof Goslar eine gußeiserne, 7,9 Centimeter weite Röhrenleitung von 1880 Meter Länge hergestellt worden, welche 16,65 Meter Totalgefälle besitzt, aber auf 845 Meter Länge 38,15 Meter fällt und dann wieder auf 535 Meter Länge um 16,1 Meter steigt, auch verschiedene Winkel macht. So lange die Rohrleitung unter Wasserspiegel im Brunnenhäuschen lag, lieferte sie 236 Liter Wasser pro Minute. Die Röhren sind in- und auswendig getheert und die Kosten der ganzen Leitung betrugen ca. 3000 Thlr. Eine thönerne, 7,8 Centimeter weite Röhrenleitung für die Stadt Goslar kostete bei 2080 Meter Länge 1687 Thaler.

Rasch, Reisenotizen über Bahnhofsanlagen. —

Neuer Dampfbagger der Schifffahrts- und Hafendeputation in Hamburg. — Bei diesen Baggern bewegt sich die Baggerleiter in einer das Schiff in zwei Theile theilenden Bünne und besteht aus zwei Blechträgern und der Kette mit 29 Eimern à 170 Liter Inhalt. Die zweicylindrige Dampfmaschine hat 30 Pferdekräfte und treibt die obere Kettentrommel bei schwerem Klai mit 5,8, bei Sand mit 9 Umdrehungen pro Minute. Die Leiterwinde arbeitet mit Frictionsrädern, die Seitenwinden ebenfalls. Das Fahrzeug wird durch den Hauptanker stromaufwärts, einen Fluthanker stromabwärts und zwei Seitenanker auf jeder Seite in seiner Stellung festgehalten. Man baggert bei festem Klai ca. 0,5 Meter, bei Sand aber 2 bis 3 Meter in einem Gange ab und die durchschnittliche Leistung pro Arbeitsstunde beträgt 80 Cubikmeter.

Buresch, Kriegshafen an der Jade. — Reisenotizen über die Bremen-Oldenburg-Heppens'sche Eisenbahn und die neuen Hafenanlagen bei Heppens.

Prüfung der Bleche bei der englischen Admiralität. — Angabe der Anforderungen, welche die englische Admiralität an die Qualität der verwendeten Bleche stellt.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 2.

Literatur.

Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik von Dr. phil. Julius Weisbach, königl. sächs. Ober-Bergrath und Professor an der königl. sächs. Bergakademie zu Freiberg, Ritter des königl. sächs. Verdienstordens und des kaiserl. russ. St. Annenordens II. Classe, corresp. Mitglied der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, auswärtiges Mitglied der königl. Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, Ehrenmitglied des Vereines deutscher Ingenieure, sowie des Architekten- und Ingenieur-Vereines zu Hannover, corresp. Mitglied des Vereines für Eisenbahnkunde zu Berlin u. s. w. Vierte verbesserte und vervollständigte Auflage. Zweiter Theil: Statik der Bauwerke und Mechanik der Umtriebsmaschinen. Elfte und zwölfte Lieferung. Braunschweig. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. 1868.

Mit dieser Doppellieferung ist nunmehr der 2. Theil obengenannten classischen Werkes in der vierten Auflage vollendet. Wie von dem gewissenhaften Herrn Verfasser nicht anders zu erwarten war, ist diese Auflage mit zahlreichen Zusätzen und Verbesserungen versehen und dadurch vollkommen den Fortschritten der Wissenschaft und Technik Rechnung getragen worden, welche seit dem Erscheinen der dritten Auflage gemacht worden sind. Wir finden derartige Zusätze bei den Sicherheitsventilen, Steuerungen, Condensatoren, Dampfmaschinensystemen (Corliß-M., Hick'sche M.), bei der Dampfmaschinentheorie (Anwendung der mechanischen Wärmetheorie, Benutzung der Völkers'schen Versuche), bei den calorischen Maschinen, Gasmotoren und Maschinen mit überhitzten Dämpfen, und sind überzeugt, daß namentlich auch der Abriß der mechanischen Wärmetheorie mit Beifall aufgenommen werden wird. Endlich ist die elegantere Ausstattung dieser neuen Auflage und namentlich die Schönheit und große Anzahl der Holzschnitte noch rühmend hervorzuheben, wenn es überhaupt nöthig ist, über ein Werk, zu welchem keine andere Nation etwas Aehnliches aufstellen kann, weitere Worte der Empfehlung beizufügen.

Der Ingenieur. Sammlung von Tafeln, Formeln und Regeln der Arithmetik, der theoretischen und praktischen Geometrie, sowie der Mechanik und des Ingenieurwesens. Für praktische Geometer, Mechaniker, Architekten, Civilingenieure, Berg- und Hüttenbeamte, Baugewerksmeister und andere Techniker bearbeitet von Dr. phil. Julius Weisbach, königl. sächs. Ober-Bergrath und Professor an der königl. sächs. Bergakademie zu Freiberg, Ritter des königl. sächs. Verdienstordens und des kaiserl. russ. St. Annenordens II. Classe, corresp. Mitglied der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, auswärtiges Mitglied der königl. Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, Ehrenmitglied des Vereines deutscher Ingenieure u. s. w. Mit 491 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Fünfte verbesserte Auflage. Braunschweig. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1868.

Auch vorliegendes Werk ist so allgemein bekannt und beliebt, daß wir hier nur von dem Erscheinen einer neuen, der fünften, Auflage Act zu nehmen haben. Diese Auflage ist, wie der Herr Verfasser in der Vorrede selbst sagt, nicht wesentlich von der vierten Auflage verschieden und soll demnächst noch eine Vermehrung durch ein auf praktische Geometrie und praktische Mechanik bezügliches Ergänzungsheft erhalten.

Vorträge über Ingenieurwissenschaften. Collectaneen über einige zum Brücken- und Maschinenbau verwendete Materialien, Schmiedeeisen, Stahl und Gußeisen, von A. v. Kaven, Baurath. Mit 11 Holzschnitten (als Manuscript gedruckt). Hannover, Schmorl & Seefeld. 1869.

Eine Arbeit, wie die vorliegende, muß wirklich als ein Bedürfniß anerkannt werden, indem zwar alle Werke über Brückenbau und Maschinenwesen, sowie alle Sammlungen technischer Formeln und Tabellen die Festigkeitscoefficienten der wichtigeren Baumaterialien enthalten, von den Lesern aber nur Wenige im Stande sind, deren Berechtigung zu prüfen, viele dieser Coefficienten auch durchaus älteren Werken entlehnt sind und dem jetzigen Fabrikationszustande nicht mehr entsprechen. Der Herr Verfasser benutzt hauptsächlich die neueren Versuche von Kirkaldy und Saxby über Schmiedeeisen und Stahl, sowie die Ergebnisse der zahlreichen Festigkeitsproben, welche Clark, Fairbairn, Molinos und Pronnier, Tresca, Harkort u. A. angestellt haben, erörtert die dabei gemachten Beobachtungen über die Elasticitätsgrenze, Abscheerungsfestigkeit, Texturveränderungen, Einflüsse der Temperatur, der Bearbeitung, Stöße u. s. w., zweckmäßigste Form, Haltbarkeit, Conservirung u. dergl., und giebt daher in dieser wenig umfänglichen Schrift eine sehr lehrreiche Uebersicht über die

für den Constructeur wichtigen Eigenschaften der Brückenbau-Materialien.

Ueber die Constitution des Roheisens und den Werth seiner physikalischen Eigenschaften zur Begründung eines allgemeinen Constitutionsgesetzes für dasselbe. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde an der Universität Göttingen von Ernst Friedrich Dürre, Assistenten an dem Probirlaboratorium der königl. Bergakademie zu Berlin. Leipzig, 1868. Druck von A. Th. Engelhardt.

Einen mehr specifisch hüttenmännischen Zweck als die soeben besprochene v. Kaven'sche Schrift verfolgt vorliegendes Werkchen, doch ist dessen zweiter Abschnitt über die charakteristischen Eigenschaften sämmtlicher Roheisensorten auch für weitere technische Kreise sehr interessant. Dasselbe giebt in der Einleitung einen geschichtlichen Ueberblick über die Forschungen auf dem Gebiete der Constitutionslehre, handelt dann im 1. Abschnitte von dem Roheisen überhaupt und seiner Darstellung, im 2. Abschnitte von den Eigenschaften des Roheisens, als seiner Farbe, Glanz, Krystallisation, Gefüge, Schwere, Sprödigkeit, Härte, Festigkeit, den Erscheinungen beim Erhitzen und Schmelzen und denjenigen beim Erstarren, endlich im 3. Abschnitte von der Constitution des Roheisens und der Anwendung des gefundenen Gesetzes. Wie diese Inhaltsangabe zeigt, ist also nicht blos für Hüttenleute reicher Stoff zur Belehrung und zum Nachdenken aus dieser Schrift zu entnehmen, da sie die Constitution und Eigenschaften des Roheisens viel eingehender und erschöpfender behandelt, als irgend ein uns bekannt gewordenes Werk.

Technologisches Wörterbuch. Deutsch-englisch-französisch. Gewerbe, Civil- und Militär-Baukunst, Artillerie, Maschinenbau, Eisenbahnwesen, Straßen- und Wasserbau, Schiffbau und Schifffahrt, Berg- und Hüttenwesen, Mathematik, Physik, Chemie, Mineralogie u. a. m. umfassend, bearbeitet von E. Althans, L. Bach, J. Hartmann, E. Heussinger von Waldegg, E. Hoyer, Dr. G. Leonhard, Dr. O. Mothes, G. A. Oppermann, Dr. C. Rumpf, Dr. F. Sandberger, B. Schönfelder, G. Ph. Thaulow, W. Unverzagt, Dr. H. Wedding und herausgegeben von Wilhelm Unverzagt. Mit einem Vorwort von Dr. Karl Karmarsch, erstem Director an der polytechnischen Schule in Hannover. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Wiesbaden. C. W. Kreidel's Verlag. 1869.

In diesem technologischen Wörterbuche, welches ungleich vollständiger ist als alle seine Vorgänger, muß man unbedingt eine Arbeit deutschen Fleißes und deutscher Gründlichkeit anerkennen. Wenn auch der vorliegende Band mehr für Engländer und Franzosen bestimmt sein mag, so wird er doch nicht minder denen willkommen sein, welche in's Ausland reisen wollen, oder in französischer oder englischer Sprache zu correspondiren haben.

Vorträge über Eisenbahnbau. Gehalten am königl. böhmischen polytechnischen Landesinstitute in Prag von Dr. E. Winkler, ord. Professor der Ingenieur-Baukunde. Zweites Heft: Die Weichen und Kreuzungen. Mit 18 Holzschnitten und 25 Tafeln (darunter 5 in Farbendruck). Prag, 1869. Verlag von H. Dominicus.

Von diesen Vorträgen haben wir das 1. Heft, den Eisenbahn-Oberbau enthaltend, gegen Ende des Jahres 1867 zu besprechen gehabt und freuen uns, daß dieses vielversprechende Werk nicht ganz in's Stocken gerathen ist. Das vorliegende zweite Heft, welches von dem ersten ganz unabhängig, aber in demselben Geiste behandelt ist, giebt eine vollständige Abhandlung über Weichen und Kreuzungen, deren Anordnung und Einrichtung, die Construction der Ausweich- und Verbindungsgeleise mit vielen Beispielen, die Herzstücken u. s. w. Von den älteren zu den neueren Constructionen vorschreitend macht der Herr Verfasser seine Leser systematisch vertraut mit dem vorgetragenen Gegenstande, entwickelt klar die beim Entwerfen von Weichen und Kreuzungen zu beobachtenden Regeln und erleichtert deren Anwendung durch Hilfstabellen und berechnete Beispiele. Der allgemeinen Verwendbarkeit wegen ist das Metermaaß zu Grunde gelegt. Bei den Tafeln ist ein wesentlicher Fortschritt gegen diejenigen des ersten Heftes zu rühmen.

Die Lehre von der Elasticität und Festigkeit mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Technik, für polytechnische Schulen, Bauakademien, Ingenieure, Maschinenbauer, Architekten u. s. w. Von Dr. E. Winkler, ord. Professor der Ingenieurkunde am Polytechnikum in Prag. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten und lithographirten Tafeln. I. Theil, 2. Hälfte. Prag, 1868. Verlag von H. Dominicus.

Dieses Heft vollendet den ersten Theil der sehr ausführlichen und gelehrten Winkler'schen Festigkeitslehre, welcher die allgemeine Theorie und die im Ingenieur- und Hochbauwesen besonders nothwendigen Lehren behandelt und ein für sich abgeschlossenes Werk bildet. In dem vorliegenden Hefte wird zunächst der 5. Abschnitt durch ein Capitel über die gleichzeitige Belastung durch Axial- und Transversalkräfte beendigt, dann kommt ein Abschnitt über verschiedene Querschnittsformen und ihre Festigkeitsbedingungen, in welchem auf praktische Verwendung besondere Rücksicht genommen ist. Der 7. Abschnitt bringt die genaue Biegungstheorie gerader Stäbe (das de Saint-Venant'sche Problem) und der 8. Abschnitt die Theorie der Normalelasticität einfach gekrümmter Stäbe nebst Anwendung auf verschiedene Belastungsweisen und Körperformen, endlich der 9. Abschnitt die Theorie der Biegungselasticität einfach gekrümmter Stäbe nebst Anwendung auf einige Querschnittsformen und Belastungen (besonders die Bogenträger, Ringe u. dergl.). Ein kurzer Anhang enthält schlüßlich einige Integral- und Reihenformeln, sowie goniometrische Tabellen zur Berechnung der Bogenträger. Die letzten Abschnitte des zu besprechenden Werkes enthalten mancherlei Neues und überhaupt ist die Lehre von der Elasticität und Festigkeit noch in keinem Werke so ausführlich und gleichmäßig behandelt worden, als in dem vorliegenden, dessen zweiter, bald zu erwartender Theil noch besondere Rücksicht auf die Anwendungen im Maschinenbau-

wesen nehmen und eine Geschichte und Literatur der Elasticitäts- und Festigkeitslehre bringen wird. Dabei gehört zum Studium dieses Werkes keine höhere mathematische Bildung, als diejenige, welche unsere höheren technischen Anstalten bieten, und es sind sogar die weniger wichtigen Partieen, welche beim ersten Studium übergangen werden können, besonders ausgezeichnet, so daß sich dieses Werk auch zum Selbststudium recht gut eignet.

Taschenbuch der Mechanik (Phoronomie, Statik und Dynamik). Zum Gebrauche für den Unterricht und als Hilfsbuch für die Anwendungen der Mechanik. Bearbeitet von Dr. W. Ligowski, Professor, Lehrer und Mitglied der Studien-Commission der vereinigten Artillerie- und Ingenieur-Schule in Berlin. Mit Holzschnitten. Berlin, Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung). 1868.

Eine Schrift, wie die vorgenannte, wird als Leitfaden für Vorträge und zum Repetiren sehr willkommen sein, da sie auf wenigen Bogen in systematischer Anordnung eine Zusammenstellung der wichtigsten Lehrsätze der Phoronomie, Statik und Dynamik, sowie zahlreicher Formeln aus diesen Disciplinen enthält und dieselben viel leichter auffinden läßt, als ein Lehrbuch, in welchem man die Resultate erst aus den Beweisen herauszuschälen genöthigt ist.

Architekten-Kalender. Bearbeitet von den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung. 1869. Berlin. Verlag von Franz Duncker.

Dieser aus dem ehemaligen Hoffmann'schen Baukalender und dem im vorigen Jahre erschienenen Kalender für Architekten und Baugewerksmeister durch Verschmelzung entstandene Kalender ist bei gleichem Umfange und derselben Ausstattung wie der Ingenieur-Kalender ebenfalls sehr reichhaltig und geschickt redigirt. Besonders lobenswerth sind die Maaß- und Gewichtstabellen, die Formeln aus der Festigkeitslehre, die Eisentabellen, die praktische Bauconstructionslehre nebst dazugehörigen Bedingungsheften und Bauverträgen, Einheitssätzen und Preisangaben (freilich meist blos auf Berlin bezogen), endlich die überschlägliche Kostenberechnung von Gebäuden. Um den Kalender nicht zu umfänglich werden zu lassen, ist ein Theil des bautechnischen und legislativen Materiales, sowie das gewiß Vielen sehr angenehme Verzeichniß der im Norddeutschen Bunde angestellten Baubeamten, der geprüften Baumeister, ein umfänglicher Adressen-Nachweis u. a. mehr in eine lose Beigabe verwiesen worden, während andrerseits der eigentliche Kalender mit ziemlich viel weißem und carrirtem Papier versehen ist. Somit wird sich dieser Kalender gewiß sehr bald in den Kreisen der Bautechniker einbürgern und nützlich machen.

Repertorium der technischen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Journal-Literatur. Mit Genehmigung des königl. preuß. Ministeriums für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten, nach amtlichen Materialien herausgegeben von F. Schotte, Ingenieur und Bibliothekar an der Königl. Gewerbe-Akademie zu Berlin. 1. Heft. Januar 1869. Berlin und Leipzig, Verlag von Quandt & Händel in Leipzig.

Von diesem Repertorium, welches den Inhalt von mehr als hundert in- und ausländischen Zeitschriften für Mathematik, Physik, Chemie, Mineralogie, Technologie, Ingenieurwesen, Landwirthschaft, Bergbau, Architektur, Gewerbepolizei und Statistik, Patentbeschreibung u. dgl. alphabetisch nach der Materie geordnet, angeben wird, soll jeden Monat eine Nummer, $2^1/_2$ bis 3 Bogen stark erscheinen, welche auch Inserate aufnehmen wird, und am Jahresschlusse soll ein ausführliches Sach- und Namen-Register geliefert werden. Hiernach verspricht dieses Repertorium für den Techniker, welchem selten eine Auswahl von Zeitschriften und noch seltener die Zeit zum Durchlesen derselben zu Gebote steht, ein höchst nützliches Nachschlagebuch zu werden, auf welches wir unsere Leser mit Vergnügen aufmerksam machen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines zu Hannover. Band XIV, 1868, Heft 2 u. 3. (Schluß.)

Klose, der Canal Cavour. — Dieser größte Bewässerungscanal Europas ist bestimmt, den Ebenen von Vercelli, Novarra und Lomello das Wasser des Po zuzuführen, wurde von einer englischen Gesellschaft in den Jahren 1862 bis 1865 ausgeführt und schließt sich an ein der Gesellschaft vom Staate abgetretenes Canalnetz von 810896 Meter Länge an, welches die Wasser der Dora-Baltea und Sesia herbeileitet. Der Canal ist etwa 400 Meter unterhalb der Straße von Asti nach Ivrea auf dem linken Ufer des Po angesetzt und geht in der Richtung von Südwest nach Nordost. Seine Länge beträgt 82266 Meter und diejenige seiner Speisecanäle 6705 Meter. Normalgefälle 1 : 2000, ganzes Gefälle 21,74 Meter. Sohlenbreite auf 9 Kilometer Länge 40 Meter, bis auf 20 Meter abnehmend, dann nach dem 63. Kilometer blos noch 12,5 Meter und zuletzt 7,5 Meter. Wassermenge 110 Cubikmeter pro Secunde. Wassertiefe anfangs 3,4, am Ende 3 Meter. Das Wehr im Po besteht aus einer zwischen Bohlenwänden eingebrachten Betonschüttung von 1,5 Meter Breite und 0,8 Meter Höhe, welche an beiden Seiten und auf der Oberfläche durch große Werkstücke eingefaßt und durch flache Steinböschungen geschützt ist. Vor dem Canaleintritte liegt ein Reservoir zum Auffangen des Gerölles mit einem Schleusenhause mit 21 Schützeöffnungen von 2,2 Meter Höhe und 1,5 Meter Weite; den Eingang des eigentlichen Canales schließen drei Schütze von 2,3 Met. Höhe und 1,5 Met. Weite. In 45 Kilometer Entfernung hiervon befindet sich wieder ein Reservoir zur Ansammlung überschüssigen Wassers und zur Ermöglichung einer jährlichen Spülung, wozu noch mehrere derartige Reservoirs längs des Canales hergestellt worden sind. Für die Aquäducte, mittelst deren der Canal über Flüsse hinweggeführt ist, hatte man folgende Construction projectirt. Es sollten vom natürlichen Boden aus zwei Seitenmauern aufgeführt und der Zwischenraum, sowie die Seitenanschüttungen gleichzeitig in 15 bis 20 Centimeter starken Schichten bis zu 46 Centimeter unter der Canalsohle aufge-

rammelt, dann zwischen beiden Mauern Pfähle geschlagen und in der Mauerhöhe abgeschnitten, hierauf zwischen den Pfählen der Boden wieder auf 1 Meter Tiefe ausgehoben und dafür eine Betonschüttung eingebracht, nunmehr die Mauern und äußern Erdanschüttungen bis zum Niveau der Canalsohle verblendet und innerhalb derselben eine neue, 20 Centimeter starke Betonschicht eingerammelt und letztere mit 2 Lagen auf die hohe Kante gestellter Ziegel belegt, endlich die Mauern und die Dämme bis zu 30 Centim. über den höchsten Wasserstand erhöht werden, wo die Seitenanschüttungen bei $1^1/_2$-füßiger Dossirung noch 2,85 Meter Breite erhalten sollten. Bei der Ausführung ließ man indessen die Pfähle, den Beton und das Ziegelpflaster weg und ersetzte dieselben blos durch eine 1 Meter starke Thonschicht, hat aber freilich sehr viel Wasserausgänge erhalten, von denen man indessen hofft, daß sie mit der Zeit durch Verschlämmung sich verlieren sollen. Sehr interessant ist die Unterführung des Canales unter der Turin-Mailander Eisenbahn, welche durch einen gemauerten Tunnel mit drei Oeffnungen von 8 Meter Lichtweite und Gewölben mit $^1/_{10}$ Pfeil bewirkt worden ist. Ebenso ist der Wildbach Elvo durch einen umgekehrten Heber (eine Tomba) von 176 Meter Länge unterfahren worden, nachdem er vorher verlegt und für ihn ein befestigtes künstliches Bette von 160 Meter Sohlenbreite über dem Canale hergestellt worden war. Diese Tomba ist auf einer 1 Meter starken Betonschicht zwischen doppelten Spundwänden fundirt. Auf diesem Grunde liegen einige Ziegelschichten und sodann fünf elliptische, 5 Meter weite und 2,3 bis 2,8 Meter hohe gemauerte Röhren mit 62 Centim. dicken Scheidewänden und 43 Centim. starken Gewölben. Auf die Gewölbe ist eine 6 Centim. starke Lage feinkörnigen Betons und darüber eine 13 Centim. starke gewöhnliche Betonschicht aufgebracht worden, welche nun den Schwellenrost mit Bohlenbelag trägt, der die Sohle des Flußbettes bildet. In ähnlicher Weise ist der Canal mittelst einer 265 Meter langen Tomba unter der Sesia, sowie unter den Wildströmen Agogna und Tardoppio hindurchgeführt. Auch die Einmündung des Canales in den Tessino bietet große Schwierigkeiten, da der Wasserstand im Tessino über 20 Meter tiefer liegt, als im Canale, die Kraft des Falles also durch Staffeln von 1,2 Meter Höhe und 9 Meter Breite auf 108 Meter Länge gebrochen werden muß.

Baucke, Copirspiegel. — Beschreibung und Zeichnung eines in Holland üblichen Apparates, welcher das Durchzeichnen auf dickem Zeichenpapier gestattet und für wenige Thaler zu beschaffen ist. Die zu copirende Zeichnung wird auf eine von unten mittelst einer Blende stark erleuchtete Glastafel und das Zeichenpapier darüber gelegt, sodaß das Copiren ein reines Durchzeichnen durch's Fenster ist, aber in weit bequemerer und vollkommenerer Weise.

Construction von Locomotiven und Wagen in England. — Auszug aus einem Berichte des Ingenieurs Morandière im Portefeuille économique des machines von Oppermann, 1867.

Gravenhorst, Rechenmaaßstab. — Bei diesem von den Mechanikern Dennert & Pape, Kleine Bäckerg., Hamburg, zu beziehenden Rechenmaaßstabe, welcher bis auf $^1/_{33}$ Procent genau arbeiten läßt, besitzt die Maaßeinheit der Logarithmen 5 Hamburger Fuß Länge; er besteht aus zwei Blättern Kartonpapier von $7^1/_2$ Zoll Höhe und $4^1/_2$ Zoll Breite, auf deren vier Seiten in je 10 Linien die Logarithmen graphisch aufgetragen sind. Derselbe umfaßt auch die Logarithmen der Sinus und dürfte namentlich auf Reisen und zur Durchführung der bei trigonometrischen Detailaufnahmen vorkommenden Rechnungen sehr bequem sein. Zu seiner Benutzung bedarf man noch eines Zirkels, auch sind einige kleine Kopfrechnungen nöthig.

Jones, Project einer Brücke zwischen Dover und Calais. — Der Canal ist an der schmalsten Stelle 20 engl. Miles breit und bis 24 Faden tief. Es sollen nun in dem Meere 200 Pfeiler in Abständen von 152,5 Meter bis zu 45 Meter über Hochwasser aufgeführt und dazu 18 Meter lange, 12 Meter breite und 6 Meter hohe künstliche Blöcke aus Ziegeln mit Portlandcement, mit Granit bekleidet, von 2 bis 3000 Tons Schwere hergestellt werden, welche mit Pontons bis an den Bestimmungsort zu flößen und dort (je 8) als Fundament für die Pfeiler zu versenken wären. Jones glaubt, daß ein Pfeiler bis zur Wasserhöhe innerhalb 2 Tagen versetzt werden könne. Den Oberbau würden dann eiserne Säulen tragen und dieser selbst aus gitterförmigen Trägern bestehen, welche dem Winde nicht viel Fläche böten.

Mörtelberechnung. — Ansätze, welche bei den hannoverschen Eisenbahnen zu Voranschlägen benutzt werden.

Oeffentliche Arbeiten in Frankreich. — Uebersicht über den Stand derselben am Beginne des Jahres 1866 nach den Annales des ponts et chaussées, 1866.

Auskitten von Löchern in Gußeisen. — Hierzu wird eine Legirung aus 9 Th. Blei, 2 Th. Antimon und 1 Th. Wismuth empfohlen.

Kosten von kleinen Durchlässen. — Notizen über die Kosten einiger kleiner Durchlässe der 1864 erbauten eingeleisigen Zweigbahn von Peine nach dem Ilseder Eisenwerke.

Gilbert's feuerfeste Decken — bestehen aus Bögen von gewelltem Bleche, welche zwischen Iförmige gußeiserne Balken eingeschoben und mit einer Lage Concret bedeckt sind. Denselben Schutz gegen die Einwirkung des Feuers giebt man auch den gußeisernen Balken.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1868. Band XII, Heft 8 bis 12.

Kirsch, die Fundamentalgleichungen der Theorie der Elasticität fester Körper. — In dieser sehr interessanten Abhandlung werden die Integralgleichungen der strengeren Elasticitätstheorie in leicht faßlicher Weise abgeleitet, indem der Herr Verfasser die Annahme macht, daß die festen Körper aus Moleculen bestehen, welche unter sich durch elastische Streben verbunden und derartig cubisch angeordnet sind, daß jeder Elementarwürfel 12 Kanten- und 4 Diagonalstreben besitzt.

Werner, Expansionsregulator. — Bei diesem Regulator sind die Kugeln geschlitzt und im Mittelpunkte mit einer kleinen Rolle versehen, welche ihre Bewegung durch eine gekrümmte Schleife an einen herzförmigen Muff überträgt. Letzterer ertheilt durch seine diametralen und nach unten hin immer niedriger werdenden Hervorragungen einer horizontalen Schubstange eine mit zunehmendem Ausschlagwinkel der Kugeln abnehmende, hin- und hergehende Bewegung, und da sie an einem Winkelhebel anfaßt, dessen anderer

ν berechnen, so hat man, wenn V das Dampfvolumen in Cubikmetern pro Secunde und f den Canalquerschnitt, μ aber den Ausflußcoefficienten bedeutet, $V = \mu f \sqrt{2g.10\delta\nu}$, und wenn F den Querschnitt des Dampfcylinders, v die Kolbengeschwindigkeit in Metern bedeutet, auch $V = Fv$, daher $\frac{f}{F} = \frac{v}{\mu\sqrt{2g.10.\delta\nu}}$. Macht man nun für den Ueberdruck δ die Annahme $\delta = 0{,}022$ für kleine und $\delta = 0{,}087$ für große Maschinen, setzt man ferner $\mu = 0{,}8$ und drückt man v durch die Umdrehungszahl u pro Minute und den Kolbenhub s aus, so wird endlich

für kleine Maschinen $\frac{f}{F} = \frac{1}{50} \frac{us}{\sqrt{\nu}}$,

„ große „ $\frac{f}{F} = \frac{1}{98{,}5} \frac{us}{\sqrt{\nu}}$.

Biege, über die westphälischen Wasserhaltungsdampfmaschinen. — Von derartigen Maschinen ist das System der einfach wirkenden Balanciermaschinen mit Condensation am meisten, das System der einfach und direct wirkenden Dampfkünste weniger stark vertreten. Von doppelt und direct wirkenden Maschinen ist nur auf der Zeche Gewalt ein Exemplar mit 1,57 Meter Cylinderdurchmesser und 3,77 Meter Hub mit Condensation vorhanden, welches an einem schmiedeeisernen Gestänge einen Drucksatz mit 143 Meter Steighöhe und 0,785 Meter Durchmesser, und einen zweiten Drucksatz mit 59 Meter Steighöhe und 0,625 Meter Durchmesser betreibt. Endlich sind auf der Grube Altenberg zwei einfach wirkende Woolf'sche Maschinen aufgestellt. Von den Pumpengestängen findet man hölzerne mit Eisenschienen, eiserne mit kreuzförmigem Querschnitte, aber auch solche mit kastenförmigem und solche mit Iförmigem Querschnitte. Letztere beide Arten von Gestängen sind aus Uförmigen Schienen und Blechplatten gebildet, besitzen aber nicht genügende Steifigkeit, während sich der kreuzförmige Querschnitt gut bewährt hat. — Von Fördermaschinen werden vorzugsweise Zwillingsmaschinen mit Spiralseilkörben und selbstthätigen Dampfbremsen gegen das Abtreiben angewendet, wobei dem Seilzuge 40 bis 45° Neigung gegeben und bei 10 Tonnen Fördergewicht ein zweimaliges Aufsetzen der Schalen angenommen wird.

Gieseler, über zusammengesetzte I Träger. — Um Iförmige Träger von größerer Höhe zu erhalten, verbinde man zwei derselben durch Stege, wodurch bei 2½-fachem Materialverbrauche die 5fache Tragfähigkeit eines einfachen Trägers erzielt wird.

Buch, über Puddel- und Schweißöfen. — In Frankreich wendet man vorzüglich Herde mit Luftkühlung an, weil sie wärmer gehen und das öftere Verbrennen der Platten durch die größere Production und den geringeren Kohlenverbrauch aufgewogen wird. Auf den rheinisch-westphälischen Werken wird zur Verarbeitung des sehr langsam und gar gehenden Roheisens den Herden mit Wasserkühlung der Vorzug gegeben, welche 9 bis 10 Monate halten, während Puddelöfen, bei denen blos die Feuerbrücke und der Fuchs mit Wasser gekühlt wird, nur 6½ Monate halten. Letztere brauchen auch monatlich mehr als noch einmal soviel feuerfeste Steine zur Reparatur, brauchen aber ca. 12% weniger Kohlen und produciren ca. 4% mehr Eisen als diejenigen mit voller Wasserkühlung. Sehr vortheilhaft hat sich die Anwendung der Vorwärmer gezeigt, da man damit 1½ mal soviel Chargen ermöglicht, den Kohlenverbrauch um 30 bis 40% vermindert und weniger Reparaturen hat. Für Schweißöfen ist lebhafter Zug eine Hauptbedingung, Neigung des Rostes unter 38 bis 40°, gedrückte Füchse, Zuführung von Wind mit 5 bis 10,5 Centim. Pressung, Kühlung der Feuerbrücke, hohe Feuerbrücken und stark geneigte gewölbte Decken gewähren große Vortheile. Weitere Constructionsregeln wolle man in unserer Quelle nachlesen.

Rosenhain, Getreideschälmaschine von Henkel & Seck in Frankfurt a. M. —

Weber, über englische Locomobilen. — Notizen über die Art und Weise, wie eine der berühmtesten englischen Locomobilenfabriken eingerichtet ist und ihre Maschinen construirt und ausführt.

Michels, die chemische Industrie Staßfurts. — Gegenwärtiger Umfang dieser Industrie.

Kayser, Donnet's Brunnen. — Ueber diesen aus luftdichten Wänden construirten und nahe unterhalb des Wasserspiegels mit einer hermetisch schließenden Decke abgeschlossenen Brunnen führt der Herr Verfasser den Nachweis, daß derselbe vermöge der Gesetze der Filtration keine sehr wesentliche Vermehrung der Ergiebigkeit erwarten lasse.

Brücke über den Oerkla bei Svorkmo. — Dieses von Segelcke angegebene Fachwerksystem besitzt zwei obere, aber nur eine untere Gurtung, also schrägliegende Tragwände. Spannweite 36,75 Meter, eingetheilt in 15 Fächer. Abstand der Axen der unteren und oberen Gurtungen 2,8 Meter, der oberen Gurtungen 2,45 Meter. Querschnitt der oberen Gurtungen (4 verschraubte Hölzer) 47 Centim. im Quadrat, der unteren Gurtungen (3 Hölzer von 26 Centim. Breite und 18,3 Centim. Stärke übereinander) 1430 Qu.-Centim. Die verticalen Streben sind aus 2 Hölzern von 26 × 15,7 Centim. gebildet, die diagonalen von Rundeisen gefertigt, die 2,5 Meter breite Fahrbahn aus doppelt übereinander liegenden, in der Mitte durch einen Längsträger gestützten Querschwellen gebildet.

Paulus, eisernes Oberbausystem. — Eine pilzförmige Laufschiene aus Bessemerstahl wird zwischen den Füßen von zwei auf die Seite gelegten alten Schienen des gewöhnlichen Profiles befestigt, wodurch also eine dreitheilige Fahrschiene entsteht. Als Querschwellen dienen wieder Stücke von alten Schienen, die mit dem Kopfe nach unten in die Beschotterung versenkt sind. 1 Meter Gleis wiegt 200 Kilogr. und der Preis pro Kilometer wird zu 11550 Thlr. veranschlagt, also billiger als das Kößlin-Battig'sche Oberbausystem.

Kolster, Drahtseiltransmissionen. — Bei Lesjöförs in Schweden wird durch Drahtseiltrieb die Kraft einer 5pferdigen Turbine 180 Meter weit übertragen und es zeigt sich, nachdem die ursprünglichen hölzernen Seilscheiben gegen gußeiserne, mit Guttapercha bekleidete umgetauscht und blecherne Tragrollen eingeführt worden sind, nur eine ganz geringe Abnutzung. Seilgeschwindigkeit 8 bis 8,9 Meter pro Secunde. Für die Gasgrufva bei Filipstad wird die Kraft einer 4pferdigen Turbine gegen 1200 Meter weit mittelst zweier mit 15 Meter Geschwindigkeit laufender Seile übertragen. Erstere Transmission kostete 33⅓, letztere 22⅔ Sgr. pro Meter.

Käßner, neuere Bohrmaschinen. — Kurze Beschreibung einer doppelten Horizontal-Cylinderbohrmaschine von Birckel, einer Vertical-Bohr- und Fraismaschine von Ducommun & Co., einer Vertical-Bohrmaschine von Lyon & Isaac, einer transportabeln Handbohrmaschine von Westray & Forster, einer Tyres-Bohrmaschine von Stephan Allay und einer Bohr- und Stoßmaschine von Meßmer, woran sich allgemeine Betrachtungen über die neueren Fortschritte im Bau der gewöhnlichen Bohrmaschinen anschließen.

Ernst, über stehende Dampfkessel. — Die Vergleichung zwischen den Leistungen eines verticalen und eines horizontalen, je von einem Schweißofen geheizten Kessels ergab bei ersterem eine etwas größere Verdampfung, welche sich durch den geringeren Kesselsteinabsatz erklären dürfte. Der verticale Kessel war so eingemauert, daß er auf seinem ganzen Umfange spiralförmig von den Gasen umspült wurde, besaß 31 Qu.-Meter Heizfläche und verdampfte pro Stunde und Qu.-Meter Heizfläche 42 Pfd. Wasser bei 350 Pfd. Kohlenverbrauch im Schweißofen (pro Stunde).

Langen, über Kühlgefäße an Hohöfen. — Interessante Mittheilungen und Discussion über diesen Gegenstand.

Die Cockerill'schen Gebläsemaschinen. — Nach einer von der Maschinenbauanstalt zu Seraing herausgegebenen Broschur würde eine verticale Gebläsemaschine dieses Systemes mit 2,44 Meter Hub und 2,6 Meter Kolbendurchmesser, welche bei 1,14 Meter Kolbengeschwindigkeit für 2 große Hohöfen ausreicht, 47 Qu.-Meter Raum beanspruchen, während ein gleich starkes horizontales Gebläse mindestens 138 Qu.-Meter Bodenfläche braucht. Horizontale Gebläse erhalten daher nur selten bis 2 Meter Hub und doch ist sowohl für den Dampf-, als für den Gebläsecylinder wegen der schädlichen Räume großer Hub vortheilhaft, auch werden die Ventilklappen der geringeren Umdrehungszahl wegen weniger stark angegriffen. Horizontale Gebläse sind ferner wegen der einseitigen Abnutzung ungünstig, verlangen sehr große und starke Fundamente und Grundplatten und gestatten trotzdem keine solide Verbindung zwischen den beiden Schwungradwellenlagern. Das Fundament einer verticalen Gebläsemaschine besteht dagegen nur aus einem 4,5 Meter hohen, 5,5 Meter langen und 2,7 Meter breiten Mauerwerke, auf welchem eine 4,5 Meter lange, 2,5 Meter breite Grundplatte liegt, die Schwungradwelle mit zwei symmetrisch aufgesteckten Schwungrädern von 24000 Kilogr. Gewicht ruht festgelagert im Fundamente unter der Grundplatte, alle Kolbenpressungen und Momente werden in solidester Weise aufgenommen. Für die Dampfmaschinen wendet man in Seraing gern das Woolf'sche System an, um die Höhe des Anfangsdruckes und den Unterschied zwischen den extremen Pressungen zu vermindern, an Schwungmasse zu ersparen und bessere Effecte zu erzielen.

Karde von Schlumberger & Co. mit selbstthätigem Ausputzapparate von Wallmann. —

Bojácek, Ueberhöhung der Geleise in Curven. — Aufsuchung einer einfacheren Uebergangscurve, als die von Nördling angegebene und Anleitung zur Ausführung. Jedenfalls würde die Annahme derartiger Ueberführungen sehr nützlich sein.

Hasenclever, über Mittel gegen Kesselstein. — Kesselstein besteht aus kohlensaurem Kalk, Gyps, Kochsalz, Magnesia, Eisenverbindungen in sehr verschiedenen Zusammensetzungen, meist mit überwiegendem kohlensauren Kalk und Gyps. Letzterer wird durch Soda und Chlorbarium zersetzt, wovon erstere kohlensauren Kalk und schwefelsaures Natron, letzteres schwefelsauren Baryt und Chlorcalcium bildet. Die erforderliche Quantität muß probirt werden, indem man z. B. 50 Pfd. Chlorbarium in den Kessel giebt und nun täglich untersucht, ob in dem Kesselwasser durch verdünnte Schwefelsäure ein Niederschlag entsteht, dasselbe aber bei Zusatz von Chlorbarium klar bleibt. Sobald die Schwefelsäure nicht mehr, Chlorbarium aber einen Niederschlag giebt, ist das in den Kessel gegebene Quantnm Chlorbarium verbraucht. Dieses Salz löst auch alten Kesselstein, wenn er aus Gyps besteht, ist aber fast wirkungslos gegen solchen aus kohlensaurem Kalk. Ist die erforderliche Salzquantität ermittelt, so setzt man sie am besten dem Speisewasser zu, ehe es in den Kessel kommt, und pumpt dieses erst ein, wenn es sich gehörig gesetzt hat.

Heidner, über Sicherheitsventile. — Aufsuchung der Beziehung zwischen der bekannten französischen Formel über die Größe der Sicherheitsventile $d = 2{,}6 \sqrt{\frac{S}{n - 0{,}412}}$ und der Wärmetheorie. Die Ventile müssen im Stande sein, allen Dampf entweichen zu lassen, welcher pro Secunde gebildet wird. Rechnet man nun, daß 150 Qu.-Meter Heizfläche in der Secunde 1 Kilogr. Dampf erzeugen, so erhält man bei der Heizfläche S die Dampfmenge $G = \frac{S}{150}$. Andererseits giebt eine Tabelle auf S. 415 des Zeuner'schen Werkes den Durchmesser d der Mündung, durch welche bei verschiedenen Spannungen n in Atmosphären die Dampfmenge G pro Secunde ausströmt. Diese Durchmesser $d = \gamma \sqrt{G}$ sind natürlich eine Function der Spannung n und der Herr Verfasser berechnet nach der Methode der kleinsten Quadrate, daß sich in der Formel $d = \gamma \sqrt{G} = \gamma \sqrt{\frac{S}{150}}$ für $\frac{150}{\gamma^2}$ setzen läßt $3{,}869 + 0{,}316\,n$. Wird nun wegen der ungenügenden Oeffnung des Ventiles der Durchmesser, ebenso wie bei der französischen Formel, 2,6 mal so groß gemacht, als theoretisch erforderlich wäre, so erhält man als Schlußformel

$$d = 2{,}6 \sqrt{\frac{S}{3{,}869 + 0{,}316\,n}}.$$

Schönemann, Ergebnisse des Betriebes mit kleinen Locomotiven. — Auf der Grube Gerhard Prinz Wilhelm sind täglich 8 kleine Locomotiven zum Verladen der Kohlen auf dem Canale und zur Saar in Gange und es haben sich dabei sehr bedeutende Ersparnisse gegen Pferdebetrieb herausgestellt. Seit 1862 bis 1867 ist das geförderte Quantum von 45741784 auf 121428352 Kilometer-Centner gestiegen und es betrugen im Jahre 1867 die Kosten pro Kilometer-Centner 0,0448 Sgr., während sie bei Pferdeförderung ca. 2¼ mal so hoch ausgefallen sein würden.

Gwynne & Comp., über Centrifugalpumpen. — Von der genannten Fabrik sind bereits 9000 Pumpen dieser Art für Wassermengen von 0,17 bis 170 Cubikmeter pro Minute und für Hubhöhen von 0,3 bis 15 Meter angefertigt worden. Versuche von Tresca mit einer auf 4,5 Cubikmeter Wasser und 9,5 Meter Steighöhe berechneten Centrifugalpumpe bewiesen im Jahre 1860, daß bei 680 Umdrehungen

pro Minute 6,727 Cubikmeter Wasser auf 9,5 Meter Höhe gehoben wurden, was einem Nutzeffecte von 52 Procent entspricht. Die Versuche von Zerah Colburn mit einer in London ausgestellten Centrifugalpumpe ergaben nach Indicatordiagrammen 83 Proc. Nutzeffect.

Grashof, über calorische Maschinen. — Der Herr Vortragende erklärt zunächst das Princip der calorischen Maschinen dahin, daß man in denselben einer Flüssigkeit einen Kreisproceß durchlaufen lasse, wobei ihr mehr Wärme zugeführt, als von ihr abgegeben, und die überschüssige Wärme als Arbeit gewonnen werde. Nach der gewählten Flüssigkeit kann man zwei Hauptclassen, Dampf- und Luftmaschinen unterscheiden, wovon letztere Classe auch die Gasmaschinen mitumfaßt. Der absolute Effect einer calorischen Maschine kann nach Zeuner als die Arbeit bezeichnet werden, welche das Wärmegewicht beim Herabsinken von dem disponibeln Wärmegefälle verrichtet, wenn man unter Wärmegewicht den Quotienten aus der von der Flüssigkeit pro Secunde aufgenommenen Wärmemenge dividirt durch das Product aus der größten Temperatur in das mechanische Aequivalent der Wärme, und unter Wärmegefälle die Differenz zwischen der gegebenen größten und kleinsten Temperatur versteht. Diese beiden Temperaturen sind einerseits durch die Rücksichten auf Dichtungs- und Schmiermaterialien, sowie auf die Festigkeit der Materialien, andererseits durch die Mangelhaftigkeit der Abkühlungsmittel begrenzt; bei der Dampfmaschine, wo die den Pressungen von 10 und 0,1 Atmosphären entsprechenden Temperaturen als Grenze anzusehen sind, ist daher der absolute Effect kleiner, als bei der Luftmaschine, wo die höchste Temperatur zweimal so groß als die niedrigste genommen werden kann. Der Nutzeffect wird theils wegen der Reibungsverluste, theils wegen Unvollkommenheit des Kreisprocesses, theils wegen des Wärmeverlustes allemal kleiner ausfallen, als der absolute Effect und das Verhältniß beider, der rationelle Wirkungsgrad, kann demgemäß auch in drei partielle Coefficienten zerlegt werden. Der erste Theil ist das Verhältniß $\frac{E}{E_1}$ zwischen dem durch den Indicator zu messenden, von dem wirklich stattfindenden Kreisprocesse herrührenden Effecte E_1 und dem Nutzeffecte E, der zweite Theil das Verhältniß $\frac{E_1}{E_2}$ zwischen diesem indicirten Effecte E_1 und demjenigen E_2, welcher der Zustandsänderung der Arbeitsflüssigkeit entsprechen würde, wenn dieselbe genau nach dem für das betreffende System giltigen Gesetze stattfände, der dritte Factor ist gleich der Einheit weniger dem verhältnißmäßigen Wärmeverluste. In diesen drei Beziehungen sind die Luftmaschinen ungünstiger gestellt, als die Dampfmaschinen, weil erstens die höhere Temperatur ein rascheres Verbrennen der Dichtung und Schmierung bewirken wird, zweitens bei der Ein- und Ausströmung des Dampfes zu der Dampfmaschine leichter ein constanter Druck (Temperatur) zu erzielen ist, drittens die Wärme- und Luftverluste bei Luftmaschinen der höheren Temperatur wegen größer sein werden, als bei Dampfmaschinen. Für die Vergleichung der calorischen Maschinen untereinander ist aber das Verhältniß zwischen dem Wärmewerthe des Nutzeffectes E zum Heizwerth des verwendeten Brennstoffes zu betrachten: $\eta = \frac{AE}{BK}$, wenn B die verbrauchte Brennstoffmenge pro Secunde und K den Heizwerth der Gewichtseinheit Brennstoff bedeutet. Auch diese besteht aus drei Factoren, nämlich dem Wirkungsgrade der Heizfläche, demjenigen des Herdes und dem Verhältniß zwischen dem Wärmewerthe des absoluten Effectes und der dem Kesselwasser zugeführten Wärmemenge. Dem Systeme nach können mit Delabar offene calorische Maschinen, bei denen die Arbeitsflüssigkeit nach jedem Spiele entweicht, und geschlossene, bei denen stets dieselbe Arbeitsflüssigkeit verwendet wird, unterschieden werden; erstere Classe wieder in solche mit offener Feuerung, wie die Ericson'sche, und in solche mit geschlossener Feuerung, wie die Gasmaschinen, wovon letztere einen bessern Wirkungsgrad versprechen. Theoretische Vergleichungen führen noch zu keinem sichern Resultate. In praktischer Beziehung sind die Dampfmaschinen bezüglich des Raumbedarfes, der Anschaffungs- und Unterhaltungskosten, der Dauer und Sicherheit der Wirkung den Luftmaschinen entschieden überlegen, ebenso wie die Gasmaschinen. Letztere zeichnen sich dadurch aus, daß sie sofort ohne Zeit- und Brennstoffverlust in Gang zu bringen sind, und verbreiten sich in der Kleinindustrie, wo sie nur mit der menschlichen Arbeit in Concurrenz treten, immer mehr.

Guldberg, über die Zustandsgleichung der Körper. — Auf Grund der mechanischen Wärmetheorie entwickelt der Herr Verfasser nachstehende interessante Formel. Wird der Druck p in Millimetern und die Temperatur als absolute Temperatur angegeben, so ist bei Briggischen Logarithmen für gesättigten Wasserdampf:

$$\log p = 19{,}8224 - \frac{2770}{T} - 3{,}7 \log T.$$

Hieran schließen sich weitere Untersuchungen über gesättigte und überhitzte Wasserdämpfe, Aether- und Schwefelkohlenstoffdampf, sowie über die Zustandsgleichung für feste Körper, über die sich in der Kürze nicht wohl referiren läßt.

Walde, über Niete und Nietungen. — Kann man die Elasticitätsgrenze des weichen Nieteisens bei 13,16 Kilogr. pro Qu.-Millimeter annehmen, so ist für Dampfkessel die Belastung mit 6,58, für stabile Constructionen die Belastung mit 8,77 Kilogr., für Maschinenconstructionen eine solche mit 1,46 Kilogr. als zulässig zu erachten. Ist eine Niete auf Abreißen in Anspruch genommen, so ist theoretisch (unter Annahme einer gleichen Zerreißungs- und Abscheerungsfestigkeit) die Kopfhöhe gleich dem vierten Theile des Schaftdurchmessers zu nehmen, doch haben Versuche gezeigt, daß der Kopf leicht abgerissen wird, wenn der Schaft nicht kegelförmig versenkt ist. Die gleiche Kopfhöhe genügt auch bei den auf Abscheeren beanspruchten Nieten, wo eigentlich gar kein Kopf nöthig wäre. Für versenkte Köpfe ist der Conus nach einem Winkel von 75° an der Spitze zu formen. Die Niettheilung ist vom Durchmesser der Nieten d und der Blechdicke a nach der Formel $t = \frac{{}^1/_4 d^2 \pi}{a} + d$ abhängig, zugleich aber auf die Zulässigkeit des Verdichtens Rücksicht zu nehmen.

Gerstenhöfer's Röstöfen. — Abbildung und Erläuterung dieser sich immer mehr verbreitenden Röstöfen für Schlieche.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 3.

Literatur.

Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauche beim Maschinen-Entwerfen. Für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und technische Lehranstalten. Von F. Reuleaux, Professor, Director der Königl. Gewerbe-Akademie in Berlin, Mitglied der Königl. technischen Deputation für Gewerbe. Dritte, sorgsam durchgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Enthaltend: Festigkeitslehre und Graphostatik. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn. 1868.

„Der Constructeur" hat in allen Maschinenbauanstalten und auf allen technischen Lehranstalten eine so allgemeine Verbreitung gefunden, daß eine besondere Empfehlung dieses bereits in dritter Auflage erscheinenden Werkes gänzlich überflüssig ist. Wir dürfen aber die neue Auflage dieses Handbuches für's Entwerfen nicht unerwähnt lassen, weil dieselbe sich vor den ersten beiden Auflagen durch einen Abriß der Graphostatik auszeichnet, welcher so gehalten ist, daß er selbst für Praktiker, welche von diesem neuen Zweige der Wissenschaft noch nicht Notiz genommen haben, Veranlassung werden kann, sich in diese überaus fruchtbare und elegante Methode des zeichnerischen Rechnens einzuarbeiten. Außerdem enthält auch das Capitel über die Festigkeit und dasjenige über die Federn sehr wesentliche Zusätze, so daß wir mit großem Interesse der Fortsetzung des Werkes entgegensehen.

Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Ein Handbuch für den Unterricht und das Selbststudium, bearbeitet von Rudolph Gottgetreu, Architekt und ordentl. Professor an der polytechnischen Schule zu München. Zweite Lieferung: Fortsetzung der Hauptmaterialien. C. die Hölzer. D. die Metalle. Mit 34 in den Text gedruckten Holzschnitten. Berlin 1869. Verlag von Julius Springer.

Vorliegende Lieferung behandelt in der bereits bei der ersten Lieferung gerühmten gründlichen Weise zunächst die Hölzer, ihren Bau, Gefüge, chemische Zusammensetzung, allgemeine Eigenschaften, Krankheiten, Reife u. dgl., sowie die Behandlung und Bearbeitung des Holzes, Mittel gegen das Schwinden, Holzschwamm, Wurmfraß, Feuer u. dergl., Festig- Gewicht, Heizkraft u. s. w. ist die hauptsächlichsten technisch wichtigen Bäume, worauf die hauptsächlichsten Metalle, ihre Gewinnung, Verwendungen, Eigenschaften, unter Beifügung von Gewichts- und Festigkeitstabellen mit genügender Ausführlichkeit vorgeführt werden. Den Schluß der Lieferung bildet ein gedrängter Abriß der Festigkeitslehre.

Ueber Rentabilität und Richtungsfeststellung der Straßen. Vom Wegbau-Conducteur Launhardt zu Geestemünde. Hannover. Schmorl & von Seefeld. 1869.

In diesem Schriftchen wird der Versuch gemacht, ein Verfahren anzugeben, welches bei Feststellung eines Straßennetzes einzuschlagen ist, um den volkswirthschaftlichen Interessen gerecht zu werden. Wir glauben dasselbe allen Straßenbau-Ingenieurs um so mehr empfehlen zu müssen, da bei der Tracirung von Straßen leider nur zu oft auf die Herstellung eines in volkswirthschaftlicher Hinsicht befriedigenden Straßennetzes nicht die erforderliche Aufmerksamkeit verwendet wird.

Études sur l'exposition de 1867, annales et archives de l'industrie au XIXe siècle, nouvelle technologie des arts et métiers, des manufactures, de l'agriculture, des mines etc., description générale, encyclopédique, méthodique et raisonnée de l'état actuel des arts, des sciences, de l'industrie et de l'agriculture chez toutes les nations, recueil de travaux historiques, techniques, théoriques et pratiques par MM. les Rédacteurs des Annales du Génie Civil, avec la collaboration de savans, d'ingénieurs et de professeurs français et étrangers. E. Lacroix, directeur da la publication. 36., 37. et 38. fascicules. Paris. Librairie scientifique, industrielle et agricole. Eugène Lacroix, Quai Malaquais, 15. 1869.

In den vorliegenden drei Heften der großen, sich nunmehr dem Ende nähernden Encyclopädie über die Pariser Ausstellung vom Jahre 1867 sind aus dem Bereiche des Ingenieurwesens besonders folgende Artikel hervorzuheben: Raux & Vigreux, über Holzbearbeitungsmaschinen; Dufrené, über Kupfer, Blei, Zinn und Zink (sehr flüchtig); Droux, über chemische Producte; Gruby, über Pflege der Verwundeten im Kriege; Gaudry, über stehende Dampfmaschinen (unbedeutend); Noguès, Berg- und Hütten-Producte. Beigegeben sind 18 Tafeln.

Eisenbahn-Jahrbuch der österreichisch-ungarischen Monarchie. Von Ignaz Kohn, Bureau-

Souschef bei der commerciellen Direction der k. k. priv. Südbahn. Zweiter Jahrgang. Mit einer vollständigen Eisenbahnkarte. Wien 1869. Lehmann & Wentzel, Buchhandlung für Technik und Kunst. Kärntnerstraße 40.

Denjenigen, welche sich für die Entwickelung des Eisenbahnwesens der österreichisch-ungarischen Monarchie interessiren (und die Bedeutung desselben für Norddeutschland ist wohl Jedermann einleuchtend), bietet das vorliegende Jahrbuch ein in systematischer Weise geordnetes reiches und zuverlässiges statistisches Material, indem es von den im Betriebe befindlichen Bahnen wichtige Personalien, historische Mittheilungen, die Beschlüsse der Generalversammlungen, das Bahngebiet, den Stand der Fahrbetriebsmittel, des Gesellschafts-Capitals, die Anlagekosten, Baukosten, Betriebsrechnungen, Ertragsergebnisse, Statistik der Betriebsresultate, Bilanz u. s. w. vorlegt, die neuen Unternehmungen ausführlich bespricht und auch über die Local-Straßenbahnen in Wien, Pest und Ofen eingehendere Mittheilungen macht. Als Anhang sind die Tarife und Meilenzeiger der Bahnen und eine Uebersicht der wöchentlichen Durchschnittscurse der Eisenbahneffecten und des Silberagios, sowie endlich eine große, recht schätzbare, auch die Bergwerks- und Industriebahnen berücksichtigende, Eisenbahnkarte beigegeben.

Die stationären und locomobilen Dampfmaschinen und Dampfkessel. Beschreibung, Wartung, Reparatur und Führung derselben, sowie Berechnung ihrer Leistungsfähigkeit auf Grund des Heizwerthes der Brennmaterialien und der Gesetze über die bewegende Kraft der Dämpfe. Zum Gebrauche für Fabrikanten, Maschinenbauer und Gewerbeschüler, sowie Maschinenführer und Kesselwärter bearbeitet von Friedrich Neumann, Civilingenieur in Halle a. d. S. Mit einem Atlas, enthaltend 15 Folio-Tafeln. Weimar, 1869. Bernhard Friedrich Voigt.

Ein Werkchen von 14 Bogen über Dampfmaschinen und Dampfkessel kann unmöglich eine erschöpfende Behandlung dieses Gegenstandes bringen, doch hat der Herr Verfasser das Neueste auf dem Gebiete des Dampfmaschinenwesens aus der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure und anderen neueren Zeitschriften fleißig zusammengetragen und die Wiedergabe älterer, schon vielfach beschriebener Constructionen vermieden, sodaß sein Buch selber für Maschinenbauer und Gewerbeschüler manches Interessante bieten wird, ob es gleich auf den Titel einer Dampfmaschinenlehre kaum Anspruch zu machen berechtigt sein dürfte.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1868. Band XII, Heft 8 bis 12. (Schluß.)

Die chemischen Producte auf der Weltausstellung von 1867. — Auszug aus Wagner's „technologischen Studien auf der allgemeinen Kunst- und Industrie-Ausstellung in Paris."

Callès, Transmission mit schwach comprimirter Luft. — Auf der letzten Pariser Ausstellung ist auch die, bereits im Notizblatt Nr. 2 zum 8. Bande des Civilingenieur beschriebene, pneumatische Transmission zu sehen gewesen, welche auf dem Prinzipe der Gasuhren beruht. Ein 3 Meter hohes, 1,5 Meter breites, in dem 37 Centimeter breiten Kranze mit 30 Schaufeln versehenes und in einem Wasserkasten gelagertes Wasserrad wurde nämlich dadurch in Umdrehung versetzt, daß ihm im tiefsten Punkte durch eine Windleitung, von einem entfernten Gebläse aus, schwach comprimirte Luft mit $1/4$ Atmosphäre Ueberdruck zugeführt wurde. Der Erfinder (unsere frühere Mittheilung nennt die Firma: Ruchet, Bonwiller u. Sellier in Paris) gab die Leistung des Rades zu 8 und die Betriebskraft des Gebläses zu $9 1/2$ Pferdekräften an.

Stiehl, Explodicautor. — Um den durch Siedeverzug veranlaßt werdenden Explosionen vorzubeugen, hat der Erfinder einen Apparat construirt, welcher das Kesselwasser in kurz aufeinander folgenden Perioden erschüttert. Derselbe besteht in einem ca. 1 Meter hoch über dem Kessel aufgestellten und mit demselben unten durch ein hakenförmig gekrümmtes, in das Kesselwasser eintauchendes, jedoch im Dampfraume endigendes Rohr, oben durch ein Dampfrohr mit Ventil in Verbindung stehenden Behältniß mit einem Schwimmer und einem Lufthahne. Wird letzterer geöffnet, so steigt das Kesselwasser bis an den Schwimmer, hebt ihn, bis er das Dampfventil aufstößt, und fällt dann wieder in den Kessel zurück, wobei es eine nicht unbeträchtliche Erschütterung des Kesselwassers erzeugt.

Gebr. Schultze, Patentwagenaxbüchse. — Diese ohne Zeichnung schwer zu beschreibende Construction soll die Abnutzung compensiren und somit den Rädern eine größere Dauer verschaffen.

Studt, über Braschmann's Ausflußformel für Ueberfälle. — Der „Civilingenieur" hat die Braschmann'sche Untersuchung über den Ausfluß bei Ueberfällen, welche den Gegenstand dieser Notiz bildet, bereits im 9. Bande ausführlich mitgetheilt, es sei also hier nur noch beigefügt, daß Herr Studt nicht eben die günstigste Uebereinstimmung dieser Formel mit den Boileau'schen und Weisbach'schen Versuchen gefunden hat.

Kolster, Angström's Keilkette. — Dieselbe besteht aus trapezförmigen Holzklötzen, welche kettengliederartig unter sich verbunden sind, und sich in die keilförmige Rinne der Kettenscheibe mit starker Reibung einlegen, sodaß starke Kräfte damit übertragen werden können.

Röper, System einer beweglichen Brücke. — Da die Drehbrücken einen beträchtlichen Zeitaufwand zum Oeffnen beanspruchen, durch ihre dem Winde gebotene große Fläche viel Widerstand und Unsicherheit geben, auch im offenen Zustande für die Schifffahrt noch hinderlich sind und wegen der erforderlichen Pfeilerstärke das Fahrwasser nicht unbedeutend verengen, so schlägt Herr Röper vor, die Brückenträger so hoch zu legen, daß die größten Schiffe darunter wegfahren können, die Brückenbahn aber mittelst gezahnter Stangen derartig darunter aufzuhängen, daß sie aufgewunden werden kann, wobei durch Gegengewichte die sonst zu Ueberwindung

der Reibungshindernisse erforderliche Kraft abzuschwächen und durch Versteifungen der Bahn- und Hängestangen eine zum Ueberfahren von Eisenbahnzügen genügende Festigkeit herzustellen sein würde.

Quasig, Schloß für Treibschnüre. — Bei starken Darmsaiten soll man das Ende in eine inwendig mit Schraubengewinde versehene Hülse stecken und es dann dadurch in der Hülse festklemmen, daß der mit demselben Gewinde versehene und in eine Spitze endigende Verlängerungshaken in das Schnurende gesteckt und eingeschraubt wird.

Rosenkranz, isländisches Moos als Mittel gegen Kesselstein. — Beschreibung eines zweckmäßigen Apparates zum Auslaugen des Mooses. Die Wirkung dieses Mittels soll mehr eine mechanische, auf der gallertartigen Natur des Extractes beruhende sein.

Schäffer, Universalrohrkuppelung. — An die Enden der Röhren sind halbkugelige Erweiterungen mit 45° Abschrägung angegossen. In das eine Ende ist eine kreisförmige Nuth zur Aufnahme eines Kautschukringes eingedreht, das Ende des andern Rohres aber mit einem hervortretenden Rande versehen, während ein rechtwinkelig zur Schnittfläche übergesteckter Schraubenbügel beide Rohrenden zusammendrückt. Diese Verbindung ist sehr rasch zu lösen und gestattet alle möglichen Kniee bis zum rechten Winkel.

Pepys, Friedleben's Gasograph. — Der hier abgebildete sinnreiche Apparat giebt eine graphische Darstellung der Ausströmungsgeschwindigkeit einer gewissen Menge Gas unter constantem Drucke aus einer feinen Oeffnung und zeigt außer dem Einlochbrenner auch die Kochflamme, da bei constantem Luftzutritte aus der Höhe des Leuchtkegels auf den Gehalt des Gases an schweren Kohlenstoffen geschlossen werden kann. Er besteht aus einem kleinen Gasmesser, dessen Umdrehungen auf einem durch die Zeituhr getriebenen Papierstreifen notirt werden, aus einem empfindlichen Regulator zur Herstellung eines gleichförmigen Druckes von 5 bis 15 Millim. Wassersäule, aus dem Einlochbrenner mit 0,9 Millim. Lochweite und der Kochflamme mit 0,8 Millim. Lochweite, welche Beide zwischen graduirten Scalen brennen. Sind bei langsameren oder gleichviel Umdrehungen die Flammen niedriger, so ist das Gas durch nicht leuchtende Bestandtheile (Kohlensäure, Kohlenoxyd) schwer geworden, sind sie bei vermehrten Umdrehungen niedriger, so enthält das Gas leichte Kohlenwasserstoffe, Sumpfgas, Ammoniak u. dergl., sind die Flammen aber bei langsamerem Umgange höher, so sind im Gase mehr schwere leuchtende Gase (Kohlenwasserstoffe) vorhanden.

Ziebarth, neues System von Trägern aus Profileisen. — Zur Erzielung billiger Träger von großer Tragkraft können niedrige gewalzte I Balken in einem gewissen, durch eingelegte Steifen bestimmten Abstande voneinander zu einem einzigen Träger verbunden werden. Die Theorie derartiger Träger wird hier vorgeführt und die Berechnung derselben an ein Paar Beispielen erläutert.

Weber, Kornspeicher mit Maschinenanlage in Rostock. — Ein nach dem Prinzipe der steten Bewegung des Kornes eingerichteter großer Speicher.

Ueber Gasfänger und Beschickung der Hohöfen. — Referat über eine Abhandlung von Jordan in den Annales des mines, Bd. VIII, S. 85.

Schulz, über die Wirkung des Donnet'schen Brunnens. — Vertheidigung dieses Systems gegen die Kayser'schen Angriffe auf S. 28 d. Bl. mit Bezugnahme auf mehrfache erzielte günstige Resultate.

Petroleum als Oel zum Bohren. — Nach Bechstein soll Petroleum das beste Mittel zum Benetzen des Stahles beim Abdrehen glasharter Metalle sein.

Festigkeit von Cement. — Bericht über größere Versuchsreihen mit verschiedenen Cementsorten. Die Ergebnisse zeigen sehr große Verschiedenheiten. Sehr gut zeigten sich die Cemente der Fabrik von Chr. Lothary in Mainz. Die Vermischung des Cementes mit gleich viel Sand bringt keine merkliche Schwächung hervor; schnell erhärtende Cementsorten haben im Allgemeinen eine geringere Festigkeit, als langsamer erhärtende.

Räderfabrikation. — Eine im Staate New-York begründete Fabrik für Zahnräder fertigt täglich 130 Stück Räder von 0,5 bis 1 Meter Durchmesser und 137 bis 300 Kilogr. Gewicht. Die gußeisernen Schalen, welche den unteren Theil der Form bilden, sind ausgedreht und auf der Mitte des Radflansches, wo dieser den größten Durchmesser hat, getheilt. Der Oberkasten besitzt radiale Arme zur Stützung des Formsandes. Zu den Kernen wird eine Mischung von feinem Sande und Mehle verwendet. Aus den Cupolöfen wird das Gußeisen erst in große Kipppfannen und von da in kleinere Gießpfannen gefüllt, welche so viel Metall fassen, als zu einem Rade nöthig ist. 5 Minuten nach dem Guß hebt man die Räder aus dem Sande und schafft sie in Gruben, wo sie zu 400 Stück übereinander gepackt 4 Tage unter Sandbedeckung zur Abkühlung liegen bleiben.

Hydraulische Reactionspropeller und Zweischraubenschiffe. — Bericht über Probefahrten nach dem Engineering, 1867, Nr. 85.

Stühlen, über Dampfhämmer. — Historischer Ueberblick über die an den Dampfhämmern vorgenommenen Verbesserungen und Beschreibung einiger neuen Constructionen.

Fischer, Instrument zum Einziehen der Rauchröhren in Dampfkessel. — Dieses Instrument, welches nach dem Einsetzen eines Siederohres in die Rohrwand in die Sieveröhren hineingesteckt wird, bewirkt durch Eintreiben eines langen schwach conischen Stahlkeiles zwischen drei lose Rollen die Anpressung des Röhrenrandes gegen die innere Fläche des Loches in der Rohrwand und bewirkt bei wenig Kraft und wenig Raumbedarf, ohne alle Umbörtelung und Verstemmung einen sehr dichten Abschluß.

Project für den Bau einer neuen festen Rheinbrücke zwischen Cöln und Deutz. — Bericht einer zur Prüfung des von Herrn Ingenieur Nachtsheim ausgearbeiteten Projectes niedergesetzten Commission des Cölner Bezirksvereines.

Wolpert, über Schutzvorrichtungen an Laternen und Caminen. — Mit Zuhilfenahme eines sehr einfachen Modelles erläuterte der Herr Vortragende die wichtigsten Erscheinungen des Zuges in Laternen und Caminen, z. B. den Einfluß der Sonnenstrahlen, des Windes, der Feuchtigkeit u. s. w.; prüfte dann verschiedene Essenhüte auf ihre Wirksamkeit, wobei der Wolpert'sche Rauch- und Luftsauger sich vorzüglich bewährte, und erwähnte zuletzt die Fälle, wo nur

durch Erhöhung der Schornsteine ein gehöriger Zug hergestellt werden könne.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. XX. Jahrgang, 1868, Heft 9—12.

Tinter, über das Starke'sche Perspectivlineal. — Wie der Herr Verfasser nachweist, ist für die Arbeiten mit dem Perspectivlineal, sofern nur die Drehaxe des Fernrohres horizontal ist, eine Abweichung der Meßtischebene gegen den Horizont um 1° 23' zulässig, ohne daß ein größerer Fehler in der Winkelmessung als von einer Bogenminute entsteht, wogegen schon eine Neigung der Axe von 4'45" denselben Fehler erzeugt. Deshalb ist die Starke'sche Kippregel mit einer Libelle und Vorrichtung zum Horizontalstellen der Drehaxe versehen. Weil aber die Prüfung, ob die Drehaxe des Fernrohres bei einspielender Libelle wirklich horizontal ist, noch etwas umständlich sein würde, so ist bei den neueren Instrumenten die Axe so construirt, daß darauf noch eine Control-Libelle aufgesetzt werden kann, welche natürlich bei der Arbeit im Felde abgenommen wird.

Jentsch, Wasserhaltungsmaschine mit Doppelschiebersteuerung. — Schiebersteuerungen an Wasserhaltungsmaschinen sind von Rittinger schon mehrfach ausgeführt worden und gewähren eine große Einfachheit der Anordnung gegenüber den Ventilsteuerungen. Dagegen steht zu befürchten, daß die Schieber nicht so lange dicht halten und schwerer wieder einzuschleifen sein möchten, als Ventile, weshalb bei dem vorliegenden Project auf Verminderung des Hubes (unter Anwendung zweier aufeinander gehender Schieber mit mehreren Durchgängen) und auf theilweise Entlastung Rücksicht genommen ist. Der untere Schieber, welcher 3 Dampfwege besitzt, ist der Eröffnungs-, der obere der Schlußschieber und auf diesem liegt eine Entlastungsdichtung mit drei elastischen gußeisernen Ringen und der Dampfaustrittsöffnung in der Mitte. Die Eröffnungsschieber an beiden Enden werden durch einen Steuercylinder bewegt, dessen kleiner Vertheilungsschieber zur Regulirung der Pausen mit einem Oelkatarakt verbunden ist. Die Schlußschieber werden direct vom Gestänge aus in Gang gesetzt, und zwar unabhängig von einander, und um eine rasche Hubbegrenzung zu erzielen, erfolgt der Abschluß der Dampfausströmung mit beschleunigter Geschwindigkeit.

Pekárek, über Signallichter und Beleuchtung. — Unter den intensiven Lichtquellen ist zuerst das Drummond'sche oder Kalklicht zu nennen, zu dessen Erzeugung sehr reine Gase dargestellt, in leicht auswechselbaren Stahlflaschen von 47 bis 55 Liter Inhalt auf 12 bis 15 Atmosphären comprimirt, durch Regulatoren in gleichförmiger Menge zur Ausströmung gebracht, in einem sich genau controlirenden Apparate in richtigem Verhältnisse gemengt und dann in der Ebene des Parameters eines parabolischen Reflectors von 1,26 Oeffnung und 0,63 Meter Axenlänge in gesonderten Canälen zu der eigentlichen Lampe geführt werden. Der von der Knallgasflamme getroffene Punkt des Kalkcylinders muß genau in den Brennpunkt des Paraboloids eingestellt werden; der Reflector selbst ist auf jeden Höhen- und Azimuthwinkel einzustellen und in der Axe desselben ist ein Fernrohr zur Aufsuchung derjenigen Objecte angebracht, welche durch den Apparat beleuchtet werden sollen. Ein Fresnel'sches Linsensystem fängt das durch die Oeffnung des Reflectors frei austretende Licht auf und leitet es in gleicher Richtung mit dem Reflector fort, sodaß bei günstiger Atmosphäre schlecht reflectirende Objecte noch bis zu 3800 Meter Entfernung deutlich gesehen werden können. Leider laufen aber in Folge des durch die Verbrennung gebildeten und an dem glühenden Kalke sofort wieder verdampfenden Wassers die Spiegel- und Linsenflächen sehr rasch an, bedecken sich überdies mit feinem Kalkstaube und geben dann einen weit geringeren Effect. Auch leidet die Fortpflanzung des Lichtes wesentlich bei sehr trockner staubiger Atmosphäre, sowie durch die zahllosen Mücken und andere Insecten, welche nach der Lichtquelle zuströmen und die Spiegelflächen rasch bedecken. Außerdem ist für die Anwendung dieses Lichtes die Schwierigkeit der Beschaffung guter Materialien, die erforderliche, sehr sorgfältige Ueberwachung, die Unzuverlässigkeit des Laufwerkes, die Nothwendigkeit der öfteren Auswechselung der Gasbehälter und Kalkcylinder, die Gefahr beim Zurückschlagen der Flamme in das Brennrohr u. s. w. sehr hinderlich, sodaß es für praktische Zwecke kaum eine große Bedeutung erhalten wird. Mehr Erfolg verspricht das elektrische Licht zu haben, für welches jetzt meistens die Bunsen'sche Batterie Anwendung findet, wenn dieselbe auch wegen der Umständlichkeit des Füllens, der kurzen Dauer ihrer Wirksamkeit, der starken Entwickelung von höchst schädlichen salpetersauren Dämpfen, der Gebrechlichkeit der porösen Zellen und der Umständlichkeit beim Auseinandernehmen und Reinigen des Apparates mancherlei Unzukömmlichkeiten bietet. Viele dieser Nachtheile werden durch die Jedlik'sche Einrichtung dieser Batterie beseitigt und statt der porösen Zellen aus Thon könnten vielleicht Gefäße aus Gasretortenkohle angewendet werden. Auch die bekannten Constructionen von elektrischen Lampen sind noch nicht auf dem wünschenswerthen Punkte der Vollkommenheit angelangt, da erstens die Gaskohlenstängel nicht homogen genug sind und vom Strome sehr ungleichförmig abgenutzt werden, zweitens das Spiel des Elektromagneten schwer zu reguliren ist. Als vielversprechende Stromquelle für das Kohlenlicht ist noch besonders des magneto-elektrischen Apparates von Wilde zu gedenken, bei welchem rotirende Stahlmagnete zur Anregung eines Elektromagneten verwendet sind. Endlich hat auch das Magnesiumlicht viel Aufsehen erregt, obwohl es bis jetzt nur zu photographischen Zwecken Verwendung gefunden hat. Der Draht wird durch ein Uhrwerk nach Maßgabe der Verbrennung vorwärts bewegt, oder es wird pulverförmiges Magnesium mit feinem Sande gemengt in einem Strome über eine Flamme ausgegossen, indessen tritt die Kostbarkeit des Magnesium der allgemeineren Verwendung dieser Beleuchtungsmethode jetzt noch hemmend entgegen.

Radinger, über Rolland's Regulator. — Dieser complicirte Regulator zeigt an der stehenden Welle zwei dreiarmige verschiebbare Müffe und dazwischen eine fixe Hülse mit drei gleich langen Armen, an deren Enden sich die Drehpunkte zweier Winkelhebel befinden, welche durch Parallelogrammstangen auf die verschiebbaren Müffe wirken und in der halben Länge ihrer Hebelarme Schwungkugeln tragen. Das ganze System rotirt um die verticale Welle und das Gleichgewicht ist unabhängig vom Ausschlagwinkel der Kugeln.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 4.

Literatur.

Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden. Nach dem System der Aspiration unter Zugrundelegung von Morin's Manuel und mit besonderer Rücksicht auf Baumeister, Behörden und technische Lehranstalten bearbeitet von Ludwig Degen, Stadtarchitekt, Mit 2 Tafeln Abbildungen. München, J. Lindauer'sche Buchhandlung (Schöpping). 1869.

Von dem Morin'schen Manuel pratique du chauffage et de la ventilation haben wir bereits in Nr. 7 des Beiblattes zum XIV. Bande des Civilingenieur eine kurze Besprechung gegeben; wir haben indessen hier ausdrücklich hervorzuheben, daß vorliegendes Werkchen keine bloße Uebersetzung, sondern eine wirkliche Bearbeitung des Morin'schen Werkes ist, welche wiederholt auf die große Einseitigkeit der Morin'schen Ansichten kritisirend eingeht, manche vom Verfasser selbst oder sonst in Deutschland gemachte Erfahrung mittheilt, und überhaupt unsern deutschen Verhältnissen gebührend Rechnung trägt. In einem Anhange ist noch das System des Prof. Böhm in Wien behandelt, welches mit so gutem Erfolge im Gebärhause in Wien und im Aushilfs-Krankenhause zu München zur Verwendung gekommen ist und ebenfalls nur auf dem einfachen Aspirationsprincip (ohne maschinelle Hilfsmittel) beruht. Die Degen'sche Bearbeitung ist sonach für Deutschland ungleich werthvoller, als das Morin'sche Originalwerk.

Das Kanal- oder Siel-System in München. Gutachten, abgegeben von der durch den Stadtmagistrat gewählten Commission Professor Dr. Feichtinger, Bezirks- und Stadtgerichtsarzt Dr. Frank, Professor Dr. v. Pettenkofer und Professor Dr. H. Ranke. Verfaßt von Dr. Max v. Pettenkofer. Mit 2 Plänen. Verlag von Hermann Manz in München. 1869.

Wie schon die Namen der Mitglieder der Commission und des Herrn Verfassers der vorliegenden Schrift erwarten lassen, ist dieselbe den interessantesten Publicationen über Sielanlagen anzureihen, obwohl die beschriebene Entwässerungsanlage weder besondere Schwierigkeiten, noch großartige Bauten geboten hat. Das Werthvolle und Interessante an dieser Schrift liegt in der Mittheilung der gemachten Erfahrungen und in den darauf basirten Folgerungen, welche unschätzbare Fingerzeige für ähnliche Anlagen und eine viel richtigere Erkenntniß der zu erwartenden Erfolge zu geben geeignet sind. In einer Zeit, wo so große Meinungsverschiedenheiten über die Canalisation der Städte existiren, verdient dieses ausgezeichnete Gutachten die Beachtung aller Fachmänner, Aerzte u. s. w. in hohem Grade.

Die Patentfrage von Peter Barthel. Leipzig. Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber. 1869.

Obwohl der „Civilingenieur" eigentlich nur Besprechungen von Werken technischen Inhaltes giebt, so erscheint doch bei der Patentfrage, welche die Interessen des Ingenieurstandes so nahe berührt, eine Ausnahme gestattet, zumal wenn das zu besprechende Werk, wie das vorliegende, diese Frage nicht ausschließlich vom rechtlichen Standpunkte aus betrachtet, sondern mehr den praktischen Standpunkt einnimmt. Der Herr Verfasser widerlegt, und oft mit schlagendem Witz, die Ansichten der volkswirthschaftlichen Schriftsteller und Derjenigen, welche Patente und Monopole für dasselbe halten und andere Entschädigungen des Erfinders an Stelle der Patente setzen wollen, bespricht hierauf ausführlich den Nutzen der Patente und macht endlich Vorschläge für ein allgemeines deutsches Patentgesetz. Sicher wird dieses Werkchen zur Klärung der Ansichten über die Patentfrage wesentlich beitragen und es empfiehlt sich überdies durch anziehende Schreibweise.

Die Hauptheile der Locomotiv-Dampfmaschinen zum Gebrauche bei den constructiven Uebungen an technischen Lehr-Anstalten, sowie zum Selbststudium bearbeitet von C. Schepp, Civilingenieur. Mit 4 Blättern Textfiguren und einem Atlas von 16 constructiven Tafeln. Heidelberg. Verlagsbuchhandlung von Fr. Bassermann. 1869.

Wir begrüßen in diesem Werke den ersten Versuch einer eingehenden constructiven Behandlung der Locomotive und sind überzeugt, daß dasselbe ein oft gefühltes Bedürfniß wenigstens zum Theil befriedigt. Der Text giebt zunächst die Beschreibung der Haupttheile und der Bauart der Locomotiven, erläutert durch 4 Tafeln mit den Zeichnungen einer badischen Schnellzugs- und einer Personenzugsmaschine, sowie einer russischen und einer belgischen Güterzugsmaschine, und durch 12 Tafeln Details über Axen, Schub- und Kuppelstangen, Kreuzköpfe, Dampfkolben, Excenter, Coulissen und Axbüchsen. Hieran schließt sich dann die Aufstellung der Formeln zur Berechnung der Locomotiven und ihrer einzelnen Theile, wobei der Herr Verfasser auch besondere Rücksicht darauf genommen hat, daß die einzelnen Organe der Maschine neben genügender Festigkeit auch eine möglichst geringe Abnutzung besitzen. Bei Aufstellung dieser Constructionsregeln ist das bewährte Redtenbacher'sche Verfahren eingeschlagen

worden, specielle Festigkeitscoefficienten nach guten Mustern zu bestimmen, bezüglich der Abnutzung hat der Herr Verfasser eine eigenthümliche Formel aufgestellt, welche noch weiter zu prüfen ist. Da die Schiebersteuerungen bei Locomotiven bereits in dem ausgezeichneten Zeuner'schen Werke ausführlich behandelt sind, so ist es dem vorliegenden Werke kaum zum Vorwurfe zu machen, daß es nicht specieller auf dieses Kapitel eingeht. Ebenso ist es vom Standpunkte des Lehrers aus nur zu loben, daß in diesem hauptsächlich zum Leitfaden für das Construiren bestimmten Werkchen von den abnormen Systemen von Locomotiven nicht gehandelt wird, welche zur Ueberwindung starker Steigungen oder zu anderen rein localen Zwecken erfunden worden sind, wenn dieselben auch gerade in constructiver Hinsicht viel Lehrreiches bieten würden. Spätere Auflagen, welche mit Sicherheit zu erwarten sind, werden übrigens zu mancher Erweiterung Gelegenheit geben.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. XX. Jahrgang, 1868, Heft 9—12. (Schluß.)

Schröder, über die Schalengußräder von Ganz. — Von solchen Rädern laufen auf dem Netz der österreichischen Staatseisenbahngesellschaft 16000 Stück, während ca. 3000 Stück in 12 Jahren in Abgang gebracht wurden. In den letzten Jahren ist nur 0,074 Proc. von diesen Rädern im Betriebe gebrochen und keine andere Tyresgattung, welche auf diesen Bahnen verwendet worden ist, hat so wenig Bruch aufzuweisen. Die durchschnittliche Dauer betrug $7^1/_2$ Jahre, einzelne Räder sind aber bereits 13 Jahre im Betrieb. Die Firma Ganz & Co. in Pest, welche übrigens seit 1867 noch eine vortheilhaftere Construction ihrer Räder anwendet, garantirt 5 Jahre und tauscht später jedes schadhaft werdende Rad bei 25 Fl. Aufzahlung gegen ein neues um, während der Preis loco Pest $54^1/_2$ Fl. pro Rad beträgt. Uebrigens wendet man auf der Linie der Staatsbahn diese Räder für Personenwagen und gebremste Lastwagen an.

Rziha, Notizen über die Bauzeit verschiedener Tunnel. — Eine recht brauchbare Zusammenstellung über die Bauzeit oder das Vorrücken von 86 Tunnels von verschiedener Länge. Im Allgemeinen wächst das Vorrücken pro Monat mit der Länge der Tunnel, z. B. beträgt dasselbe bei Tunnels

unter 100	Meter Länge	durchschnittlich	8,8	Meter,
von 100 bis 200	„	„	12,8	„
„ 200 „ 400	„	„	15,7	„
„ 400 „ 600	„	„	17,4	„
„ 600 „ 1000	„	„	34,7	„
„ 1000 „ 2000	„	„	44,7	„
„ 2000 „ 3000	„	„	51,9	„
„ 3000 „ 4000	„	„	66,9	„
„ 4000 „ 6000	„	„	82,1	„

doch treten hierbei außerordentlich starke Schwankungen ein, z. B. bei Tunnels von 200 bis 400 Met. Länge sind Vorrückungen von 5,2 bis 31 Meter pro Monat notirt.

Oehme, Warmwasserheizung für Eisenbahnwagen. — Auf der österreichischen Staatseisenbahn wurde ein plötzlich gebrauchter Hofwagen in folgender Weise auf Warmwasserheizung eingerichtet. Unter dem mittleren großen Salon wurden im Traggerippe zwei außen mit dickem Filz bekleidete und mit Blech verschalte hölzerne Kasten angehängt, in denen mit Hilfe von Klappenthüren in 2 oder 3 Schichten übereinander 12 oder 18 Stück gewöhnliche Wärmflaschen mit zusammen 0,148 bis 0,22 Cubikmet. Wasserinhalt derartig aufgespeichert wurden, daß die Luft sämmtliche Flaschen umspielen konnte. Der Fußboden über den Kästen ist durchbrochen und im Boden der Kästen selbst sind Luftlöcher mit kurzen, während der Fahrt gegen den Wind gedrehten Luftfängen angebracht. Die Wagen werden zunächst $1^1/_2$ Stunde vor dem Gebrauch durch solche Wärmflaschen, welche direct in den Wägen auf Rosten aufgestellt werden, vorgewärmt, dann werden die Flaschen neu mit Wasser von 72 bis 75° R. gefüllt und in die Kästen eingeschoben. Bei einer Probefahrt von Wien nach Neu Szöny und zurück mit $3^1/_4$ Stunden Aufenthalt in Neu Szöny, welche $12^1/_2$ Stunden Zeit in Anspruch nahm, gaben 24 Flaschen mit 0,297 Cubikmeter Inhalt eine zwischen 18 und 9° R. schwankende Temperatur, obgleich die äußere Temperatur nur $5^1/_2$° R. betrug und heftiger Wind mit Schneegestöber herrschte.

Schröder, imprägnirte Hölzer zu Eisenbahnwagen. — Versuche auf der österreichischen Staatseisenbahn haben ergeben, daß die Verwendung imprägnirter Hölzer zu Eisenbahnwagen durchaus keinen Nutzen gewährt. Sie sind erstens um 20 bis 40 Proc. theurer und mit Ausnahme des Ahornholzes verlieren sie an Güte durch das Imprägniren mit Kupfervitriol mehr als sie gewinnen.

Radinger, Schmierung von Gebläsekolben. — Bei einem sich mit 0,655 Meter Geschwindigkeit bewegenden Gebläsekolben mit Metallliderung und 1,265 Meter Durchmesser wird mit Vortheil zur Schmierung der Dampf angezündeten Petroleums angewendet; man hält nämlich alle 8 bis 12 Stunden einen Löffel mit brennendem Petroleum vor die Saugklappen des Gebläsecylinders und läßt den Dampf während 4 oder 5 Spiele des Kolbens einsaugen.

Pfaff, über Schneidemühlen. — Da die Leistung von der Geschwindigkeit der Säge abhängt, so muß man letztere möglichst groß zu machen suchen, ist aber daran gehindert durch die Rücksichten auf die Massenbewegungen und Richtungsveränderungen. Könnte man großen Hub geben, so wäre bei einer mäßigen Umdrehungszahl eine ziemliche Geschwindigkeit zu erzielen; die Hubhöhe sollte wenigstens immer etwas größer sein, als die Stärke der Klötzer, damit die Späne leichter ausgeworfen würden, doch sind hierin wegen der Rücksichten auf Festigkeit und Gewicht der Säge und des Gatters gewisse Grenzen gesetzt. Auch das Vorrücken ist von großer Wichtigkeit. Tanne und Fichte gestatten stärkeren Vorschub als Kiefer und Lärche, Hölzer aus der Ebene mehr als solche vom Gebirge, schwächere Hölzer mehr als stärkere, weil die Säge sich um so eher verläuft, je größeren Widerstand sie findet. Erfahrungsmäßig giebt man daher

bis zu 0,34 Met. Holzstärke 0,29 Met. Hub, 220 Schnitte und 0,395 Met. Vorschub pro Minute,

„ „ 0,47 Met. Holzstärke 0,40 Met. Hub, 180 Schnitte und 0,316 Met. Vorschub pro Minute,

bis zu 0,63 Met. Holzstärke 0,447 Met. Hub, 160 Schnitte
und 0,237 bis 0,26 Met. Vorschub pro Minute,
„ „ 0,79 Met. Holzstärke 0,474 Met. Hub, 150 Schnitte
und 0,21 bis 0,237 Met. Vorschub pro Min.,

Der Kraftbedarf ist schwer zuverlässig anzugeben, da er von der Beschaffenheit der Hölzer sehr abhängig ist, doch läßt sich folgender Kraftbedarf in Pferdekräften annehmen.

Maximalstärke der Hölzer in Metern.	Sägenzahl im Gatter. 6	12	18	24
0,79	10	15	18	21 Pfkr.
0,63	8	12	15	18 „
0,47	6	9	11	
0,34	4	6		

Unsere Quelle enthält die Abbildung eines Doppelgatters zum Schneiden schwacher Hölzer, einer doppelten Kreissäge mit 110 Centim. hohen Blättern zum Besäumen solcher Hölzer und zum Schneiden von Bauhölzern, einer kleinen doppelten Kreissäge mit 68 Centim. hohen Scheiben u. s. w., welche sämmtlich von der Firma **Carl Pfaff** in Rudolfsheim geliefert werden.

Gebauer, die Normal-Personenzugslocomotive der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. — Diese sich durch ansehnliche Kohlenersparniß auszeichnenden Personenzugslocomotiven besitzen vier 1,587 Meter hohe gekuppelte Triebräder und zwei 1,192 Meter hohe Laufräder, sämmtlich vor dem Feuerkasten, horizontal- und außenliegende Dampfcylinder mit 0,395 Meter Kolbendurchmesser und 0,632 Meter Kolbenhub, äußere Rahmen aus Balken von 35 Millim. Dicke und 170 Millim. Höhe mit schmiedeeisernen, an den Gleitflächen gehärteten Lagerführungsbacken, welche zwischen Rahmenblechen symmetrisch befestigt sind, einen aus 9 und 10 Millim. starken Bessemerblechen gefertigten, 1,264 Meter weiten Kessel mit 15 Millim. starker Rohrwand, 164 messingenen, 4,346 Meter langen, äußerlich 53 Millim. starken Rauchröhren und 125 Qu.-Meter Gesammtheizfläche, einen nach vorn etwas geneigten, 1,7 Qu.-Meter großen Rost. Die schmiedeeisernen Kurbeln sind von außen auf die 162 Millim. starken Axen aus Neuberger Bessemerstahl aufgesteckt. Letztere laufen in Lagerschalen aus Rothguß mit Futtern aus einer Legirung von 80 Proc. Zinn und 20 Proc. Kupfer. Zur Steuerung dient die **Stephenson'sche** Coulisse mit offenen Excenterstangen. Dampfcylinder und Schieberkästen sind mit **Anschütz'schen** selbstthätigen Schmiervorrichtungen versehen, welche nur wirken, wenn der Dampf nicht in die Cylinder tritt. Auf den Vorderrädern ruhen 190, auf den mittleren 205 und auf den Hinterrädern 208 Zollcentner. Verhältniß des Wasser- zum Dampfraume 2,36 : 1. Totalgewicht der dienstfähigen Maschine 605 Ctr.

Maaßregeln zur Sicherstellung der Schifkorn'schen Brücken. — Abdruck der Protokolle einer über obigen Gegenstand niedergesetzten Commission. Als Endresultat der Berathungen kann angeführt werden, daß kein allseitig befriedigender Vorschlag über die zur Verstärkung der vielen an österreichischen Bahnen vorhandenen **Schifkorn'schen** Brücken zu ergreifenden Maßregeln gemacht worden ist und daher die möglichste Beschleunigung der Herstellung von provisorischen Brücken an der Stelle des 2. Gleises und der Umbau der **Schifkorn'schen** Träger beschlossen wurde.

Davey u. Davy's isochroner Regulator — besitzt zwei schwere an elastischen Stahlbändern aufgehangene Kugeln. Die Stahlbänder wickeln sich bei der Thätigkeit des Regulators von einer Curve ab, welche die Evolute zu derjenigen Parabel ist, in welcher die Kugeln schwingen.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines zu Hannover. Band XIV, Jahrg. 1868, Heft 4.

Keil, die Bauthätigkeit der ersten preußischen Feld-Eisenbahn-Abtheilung im Jahre 1866. — Referat über einen sehr interessanten im Verein gehaltenen Vortrag.

Hagen, über Fahrkünste für tiefe Schächte. — Für tiefe Schächte ist die Einrichtung von Fahrkünsten höchst wichtig, weil die dem Arbeiter beim Hinab- und Hinaufsteigen auf gewöhnlichen Leitern zugemuthete Anstrengung eine erhebliche Verschwendung an Kraft und Zeit verursacht. Der Berggeschworene **Dörel** am Harz war der Erste, welcher eine mechanische Förderung der Arbeiter unter Benutzung der Gestänge der Kunstgezeuge vorschlug und einführte. Er brachte an diesen, von Wasserrädern mit entgegengesetzt aufgesteckten Kurbeln getriebenen Kunstgestängen Tritte an, auf welche der Bergmann tritt und sich vom Gestänge heben läßt, bis dieses im todten Punkte anlangt, worauf er auf das andere Gestänge übertritt und sich von diesem um gleichviel heben läßt u. s. w. Später wurden in manchen Schächten besondere Fahrgestänge eingebaut, welche auch in Cornwall Anklang fanden, dort aber nicht durch Wasserräder, sondern durch Dampfmaschinen betrieben wurden. Es entstanden auch bald eintrümmige Fahrkünste, d. h. solche mit einem Gestänge, von welchem die Fahrenden auf feste Bühnen abtreten und dort auf die Wiederkehr der beweglichen Bühnen warten müssen. Auf Kohlengruben wird noch häufiger das Ausfahren auf dem Gestelle angewendet, wobei die Bergleute in derselben Weise, wie die Kohlenwagen mittelst der Fördermaschine zu Tage getrieben werden. Im Anschlusse an diesen Vortrag legt Dr. **Schröder** aus Nienburg das Modell einer Fahrkunst vor, bei welcher die Arbeiter mittelst selbstthätiger Körbe von einem Gestänge zum andern und allmälig zu Tage gefördert werden.

Rasch, Reisenotizen. — Notizen über die Bahnhöfe zu Stuttgart, Nürnberg, Würzburg, Dresden, Leipzig, Lüttich, Antwerpen, Gent, Paris u. s. w. Als wichtige Bedürfnisse der Bahnhöfe werden bezeichnet: große helle Vestibüle mit übersichtlich und bequem angeordneten Billet-, Gepäck-, Post-, Telegraphenlocalen, die Abtrennung der Beamtenwohnungen von den für das Publikum bestimmten, eingeschossig herzustellenden Localen, die Anordnung der Gepäckannahme in der Nähe des Haltepunktes des Packwagens der abgehenden Züge und ihre Ausstattung mit langen, zur reihenweisen Aufstellung und Abfertigung geeigneten Tischen, die Verlegung der Gepäckausgabe in die Nähe der Annahme bei Durchgangsbahnhöfen, die Ueberdachung der Personenhallen mit Gitter- oder Blechträgern und der ordinären Hallen und Schuppen nach dem **Polonceau'schen** System.

Marstaller, über Linear-Perspective. — Ableitung einer die perspectivischen Zeichnungen wesentlich erleichternden Formel.

v. Kaven, Ermittelung des Eigengewichtes und der ökonomischsten Spannweite schmiedeeiserner

Brücken. — Nach **Schwedler** läßt sich für preußisches Maaß das Eigengewicht eines Trägers pro Längeneinheit setzen:

für Parabelträger $b_1 = \frac{q}{s}(0{,}8\varphi + 1{,}2)\,n_1,$

„ gerade Einzelträger $b_2 = \frac{q}{s}(0{,}55\varphi + 2{,}8)\,n_2,$

„ continuirliche gerade Balken über 2 Oeffnungen

$$b_3 = \frac{q}{s}(0{,}4\varphi + 2{,}8)\,n_3,$$

„ continuirliche gerade Balken über drei Oeffnungen

$$b_4 = \frac{q}{s}(0{,}3\varphi + 2{,}8)\,n_4,$$

wo φ das Verhältniß $\frac{l}{h}$ der Länge zur Höhe des Trägers,

q die totale Belastung pro laufenden Fuß,
s die Inanspruchnahme pro Flächeneinheit,
n_1 bis n_4 Coefficienten bedeuten, welche nach **Schwedler** zwischen 2 und $1^1/_2$ schwanken.

Ist nun noch

m die mobile Last pro Längeneinheit und
a ein constanter Theil des Eigengewichtes, welcher Alles das umfaßt, was nicht zu den Hauptträgern gehört,
γ das Gewicht des Schmiedeeisens pro Cubikeinheit,

so wird, da $q = a + m + b\,l\,n$ ist,

für parabolische Träger

$$b_1 = (a+m)\frac{0{,}25\varphi + 0{,}36}{\frac{s}{\gamma n_1} - (0{,}25\varphi + 0{,}36)\,l},$$

„ gerade Einzelträger

$$b_2 = (a+m)\frac{0{,}166\varphi + 0{,}84}{\frac{s}{\gamma n_2} - (0{,}166\varphi + 0{,}84)\,l},$$

„ zweifach continuirliche Träger

$$b_3 = (a+m)\frac{0{,}125\varphi + 0{,}84}{\frac{s}{\gamma n_3} - (0{,}125\varphi + 0{,}84)\,l},$$

„ dreifach continuirliche Träger

$$b_4 = (a+m)\frac{0{,}0938\varphi + 0{,}84}{\frac{s}{\gamma n_4} - (0{,}0938\varphi + 0{,}84)\,l}.$$

Hieraus ergiebt sich der größte zulässige Werth von l bei einem gewissen Pfeilverhältniß φ, wenn man $b\,n$ unendlich groß setzt. Um die ökonomischste Spannweite l zu finden, denke man die ganze Lichtweite L in x Oeffnungen getheilt, nenne G das Gewicht und k die Kosten des fertig aufgestellten Eisenoberbaues pro Gewichtseinheit, P die Kosten eines Pfeilers und W diejenigen eines Widerlagers und suche nun denjenigen Werth von x, welcher die Totalkosten

$$T = Gk + (x-1)\,P + 2\,W$$

zu einem Minimum macht, indem man nach x differentiirt und das Differential gleich Null setzt.

Wiebe, Tracirung einer Eisenbahnlinie mit Hilfe der Horizontalcurven. — Beschreibung des bei Festlegung der Eisenbahntrace im Emmerthale bei Lugde. Die Querprofile wurden meist nur abgeschritten und mittelst einer 1 Ruthe langen Setzlatte mit Röhrenlibelle nivellirt. Die Horizontalcurven wurden in Niveauabständen von 5 Fuß verzeichnet. In dieses Curvennetz wurden nun mehrere Linien eingetragen, welche mit verschiedenen angenommenen Steigungsverhältnissen die zu ersteigende Höhe erreichten, und darunter diejenige ausgewählt, welche bezüglich der Erdarbeiten die wenigsten Schwierigkeiten bot. Bei der Verzeichnung der Zwischenpunkte, sowie der Curven für die Eisenbahn bediente man sich auf Glaspapier gezeichneter Maßstäbe und Curven.

Honorirung der Architekten und Ingenieure. — Vorschläge einer Specialcommission, welche sehr entsprechend erscheinen.

v. Kaven, Collectaneen über die zum Brückenbau verwendeten Metalle. — Eine kritische Zusammenstellung der Resultate, welche die in neuerer Zeit angestellten vielfachen Untersuchungen über die Festigkeit und die Eigenschaften des Schmiedeeisens, Stahles und Gußeisens geliefert haben, auf welche aber hier nur unter Anführung des Inhaltes hingewiesen werden kann, da jeder Ingenieur dieselbe ausführlich studiren sollte. Vom Schmiedeeisen und Stahl werden **Kirkaldy's** Ansichten über die verschiedenen Arten der Inanspruchnahme und **Saxby's** Untersuchungsmethode mittelst des Magnetes vorgetragen, dann wird von der Schwierigkeit der Ermittelung der Elasticitätsgrenze und der Unbestimmtheit dieses Begriffes, von der nicht proportionalen Zunahme der Ausdehnung bis zum Bruche, von dem Einfluß der Form der Stäbe bei Festigkeitsversuchen, von den praktischen Coefficienten und Vorschriften über Prüfung des Eisens, von der Festigkeit des Eisenbleches und dem Punzen und Bohren desselben, von der Abscheerungsfestigkeit und den localen Drucken in Nietlöchern, von der Texturveränderung des Eisens, von der vergleichsweisen Festigkeit des Stahles gegen Eisen, von der Festigkeit bei höheren Temperaturen, vom Einfluß wiederholter Streckungen und Querschnittsverminderungen, von dem Werthe der Prüfung bis zur Elasticitätsgrenze, von den Belastungsproben, vom Einfluß der Bearbeitung (Härten, Kaltwalzen u. dergl.), von der Wirkung plötzlich angebrachter Gewichte und des Frostes, von der Festigkeit der Schweißungen und der geschnittenen Schrauben, endlich von der Veränderung des specifischen Gewichtes gehandelt und eine Tabelle praktischer Coefficienten mitgetheilt. Beim Gußeisen wird der Versuche zur Vermehrung seiner Festigkeit gedacht, die Form der Träger, die in der Praxis gebräuchlichen Coefficienten, die Haltbarkeit desselben und der Anstriche, endlich die Durchlässigkeit desselben abgehandelt und zum Schluß die **Rebhann'sche** Tabelle der Durchschnittswerthe (auf Metermaaß reducirt) mitgetheilt.

Lucas, Mittel gegen das Lockerwerden der Schraubenmuttern. — Schraube wie Mutter werden mit Rillen parallel zur Axe versehen und so angezogen, daß eine Rille in der Mutter vor eine Rille in der Schraube zu stehen kommt, worauf ein vierkantiger Stift, welcher locker hineinpaßt, eingesteckt wird.

Kohn, Verdichtung poröser Cylinder von hydraulischen Pressen. — Der Cylinder wird über einem Kohlenfeuer erwärmt und Colophonium hineingeworfen und gleichmäßig verstrichen, bis es außen hervortritt.

Leichtflüssige Metalllegirung. — 224 Gewichtstheile Cadmium geben mit $517^1/_4$ Blei und 1050 [illegible] eine Legirung, welche bei $65^1/_2$° C. schmilzt.

Büsing, über Milroy's Excavator. — Um den Boden im Innern der zu Brückenfundirungen verwendeten eisernen Röhren auszubaggern, hat Milroy beim Bau der Glasgow-Union-Eisenbahn einen Apparat verwendet, der aus einem achteckigen Rahmen mit Rippen von T Eisen und 8 radialen Rippen besteht. Die gebildeten acht dreieckigen Räume können unten durch 8 an Ketten hängende Klappen geschlossen werden. Sind diese schaufelartigen Klappen vorher in den Boden eingedrungen, so nehmen sie diesen, wenn sie durch Anziehen der Ketten geschlossen werden, mit hinauf. Nach Angabe des Artizan vom März 1868 ist mit Hilfe dieses Apparates ein Cylinder in Sandboden bei 3¼ Stunden wirklicher Arbeitszeit in 6¾ Stunden um 25 Fuß gesenkt worden.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1869. Band XIII, Heft 1 bis 4.

Werner, Theorie der Turbinen, Kreiselpumpen und Ventilatoren. — In den vorliegenden 4 Heften der Zeitschrift wird eine sehr klare und erschöpfende Theorie der Turbinen vorgetragen und ihre Anwendung zur Prüfung vorhandener Turbinen, sowie zum Entwurf neuer gelehrt; auch wird der Anfang mit der Theorie der Kreiselpumpen gemacht. Es ist in Aussicht gestellt, daß diese mit zahlreichen Holzschnitten versehene Monographie über Turbinen demnächst in einem Separatabdrucke erscheinen wird.

Kemm, die Bahnhofshalle in Altona. — Die beschriebene und auf mehreren Tafeln dargestellte Bahnhofshalle ist 100,4 Met. lang und 17,57 Met. breit, bedeckt vier Gleise und ist mit einem Dach nach Polonceau'schem System versehen, dessen dreißig eiserne Gebinde mittelst zweier continuirlicher schmiedeeiserner Längsträger auf zwei Reihen 7,45 Meter hoher, aus zwei Stücken zusammengesetzter und unter sich noch durch zwei Längsträger verbundener Säulen ruhen. Das ungefähr wie 1:2,5 geneigte Dach ist mit gewelltem Zinkblech auf Winkeleisen gedeckt und mit einem Oberlicht versehen, während die sich längs der Halle hinziehenden bedeckten Perrons mit 12,5 Millim. starken Rohglastafeln von 2,63 Meter Länge und 0,92 Meter Breite eingedeckt und auch die Seitenwände zwischen dem mittleren und oberen Längsträger mit solchen Glastafeln ausgesetzt sind. Zur Aufstellung der hohen Säulen und Träger wurde ein zwei horizontale und eine verticale Bewegung ermöglichendes, auf Eisenbahnwagen ruhendes billiges Krahngerüst angewendet, welches bei 3,35 Meter Ausladung Lasten von 3000 Pfd. zu heben gestattete und bis 10 Meter über die Schienenoberkante aufragte, auf seinem obern Plateau auch noch einen besonderen Ausleger zum Heben kleinerer Gegenstände trug. Für die Aufstellung des Dachwerkes bediente man sich eines anderen billig construirten fahrbaren Krahngerüstes, welches über alle vier Geleise hinwegreichte, zwei Dachfelder umfaßte und zwei einfache Krahne trug. Es war 17,22 Meter breit, 10,26 Meter lang und 7,34 Meter hoch bis zum Plateau. Beide Gerüste sind in unserer Quelle abgebildet.

Die Anwendung der Regenerativöfen im Eisenhüttenwesen. — Kurzer Ueberblick über die Stahlerzeugung nach Berard und Martin, sowie über die Neuerungen in der Stabeisenfabrikation von Lundin und Gebr. Bätsch, welche sämmtlich auf der [illegible] Gasöfen mit Regener[illegible]

Kayser, Größenbestimmung der Sicherheitsventile. — Mit Bezugnahme auf die Heidner'sche Abhandlung, über welche wir auf S. 30 des lauf. Jahrganges dies. Bl. referirt haben, weist der Herr Verfasser nach, daß die Größe der Ausströmungsfläche innerhalb der Grenzen von 2 bis 7 Atmosphären nur um das 1,35fache schwanke und der Mittelwerth 15 Qu.-Millim. Ausströmungsfläche pro Qu.-Meter Heizfläche betrage. Diese Fläche, wie Herr Heidner es thue, auf rund 100 Qu.-Millim. oder den zehntausendsten Theil der Kesselheizfläche zu vergrößern, erscheine irrationell, denn das Sicherheitsventil habe nur die Aufgabe, all den Dampf herauszulassen, welchen der Kessel erzeuge, und die plötzliche Oeffnung einer zu großen Ausströmungsfläche sei sogar gefährlich. Eher dürfte es sich empfehlen, mehrere gleich große Ventile an demselben Kessel anzubringen, welche sich dann nach Bedarf hintereinander öffnen würden.

Werkzeugmaschinen. — Literaturnachweisungen und kurze Beschreibungen neuerer Drehbänke, als der Walzendrehbank von Claridge, North u. Comp. im Engineer, Nr. 588, die schwere Walzendrehbank in den Zeichnungen der Hütte, 1867, Taf. 8, die Krummazendrehbank von Sharp, Stewart u. Co. im Artizan, 1866, die doppelte Tyresdrehbank von Ramsbottom ebendaselbst, diejenige von Dunn im Engineer, Nr. 635, die Räderdrehbank von Collier im Artizan, 1868, die Locomotivräderdrehbank von Mazeline im Portefeuille économique, 1867.

Kaselowsky, über Saxby's Methode zur Aufsuchung von Fehlern in Eisen und Stahl mittelst der Magnetnadel. — Wird eine Eisenstange mit unganzen Stellen oder Blasen in den magnetischen Aequator gelegt und eine kleine Compaßnadel langsam daran hingeführt, so sind Ablenkungen der Nadel wahrnehmbar, sobald sie sich den fehlerhaften Stellen nähert. Auf dieselbe Weise hat Saxby ein in eine Stange Schmiedeeisen eingeschweißtes Stück Stahl, Eisenpfropfen, welche in ein Stück Gasrohr eingeschoben waren, die Zusammensetzung eines Stabes aus dreierlei Eisensorten, die Stelle, wo eine Stabeisenstange aufgestaucht und dann wieder gestreckt worden war, u. a. m. nachgewiesen, wogegen die Untersuchung von Blechen noch keine genügenden Resultate gegeben hat.

Lenz, Erweiterung gebohrter Löcher am untern Ende. — Man soll in das Loch einen Spitzbohrer einführen, der den gewünschten größeren Durchmesser hat, aber einseitig bis auf die vorgebohrte Lochweite abgeschliffen ist. Nach einigen Umdrehungen stellt sich derselbe in die Mitte und stellt die gewünschte Weite her.

Thomée, über eine empfehlenswerthe Drahtlehre. — Dieselbe besteht aus zwei durch ein Charnier verbundenen Linealen, deren andere Enden durch einen auslegbaren Haken in einem bestimmten Abstande von einander gehalten werden, so daß die Schneiden der beiden Lineale einen sehr spitzen Winkel bilden.

v. Lindheim, Evolutenfedern für Eisenbahnfahrzeuge. — Die auf der k. k. Elisabethbahn gebräuchlichen gußstählernen Evolutenfedern haben 210 Millim. Höhe, 45 Millim. Spiel, 12 Pfd. Gewicht und 25 Ctr. Tragfähigkeit; die Wagen der k. k. Ferdinands-Nordbahn mit 8813 Pfd. Tragfähigkeit besitzen 12 solche Federn, welche unten 105 [illegible] in der Höhe 195 Millim. messen und ein Spiel von [illegible] haben.

Käßner, über die Varietäten der Werkzeugmaschinen. — Bezüglich der Geschwindigkeit der Arbeitsflächen und des Fortrückens pro Umgang oder Cours kann man folgende Verhältnisse annehmen:

Maschine.	Geschwindigkeit pro Secunde in Millimetern.					Fortrücken in Millim.
	Holz.	Bronze.	Schmiedeeisen.	Gußeisen.	Stahl.	
Drehbänke	250	180 bis 160	100 bis 90	90 bis 70	50 bis 40	0,25 bis 1,5
Hobelmaschinen	—	—	90 „ 75	90 „ 75	—	4 „ 2
Shaping- und kleine Hobelmaschinen	—	190 bis 150	180 „ 120	150 „ 100	100	0,3 „ 1,5
Stoßmaschinen	—	150 „ 120	135 „ 100	120 „ 90	90	0,25 „ 1,25
Vertical-, Langloch- u. andere Bohrmaschinen	220	120 „ 90	90 „ 70	70 „ 60	40 bis 30	0,1 „ 0,5
Horizontal- und Cylinderbohrmaschinen	—	120 „ 100	75 „ 65	50 „ 45	30 „ 27	0,25 „ 0,5
Fräsmaschinen	4500	800 „ 700	750 „ 700	780 „ 750	—	0,1 „ 0,5 Holz 80
Schraubenschneidmaschinen	—	40 „ 20	40 „ 20	40 „ 20	40 bis 20	—

Der Haupttransmissionswelle giebt man passend 100 Umdrehungen pro Minute, den Rückgang macht man bei größeren Hobelmaschinen 3 mal so schnell als den Hingang. Was die Aufstellung der Werkzeugmaschinen anlangt, so ist diejenige auf eingegrabenen, soliden Steinfundamenten am sichersten, wobei die Fugen der Fußflächen mit Schwefel untergossen werden. Aus Rücksicht auf die Instandhaltung und Ersparniß an Betriebskraft empfiehlt sich zur Schmierung reines Malagaöl in bedeckten Schmiergefäßen mit lockeren Dochten. Die Treibriemen sind immer gut gespannt zu erhalten und aller 4 Wochen mit einer Mischung aus $^2/_3$ Talg und $^1/_3$ Fischthran zu schmieren. Zum Schmieren großer Zahnräder verwende man eine Mischung von $^2/_3$ Tag, $^1/_6$ grüne Seife und $^1/_6$ Graphit. Bei der Anschaffung von Werkzeugmaschinen soll man sie so complet verlangen, daß alle Hilfsmittel zum Fest- und Losmachen, Schmierbüchsen, Oelfänger u. dergl. inbegriffen sind und die Maschine sofort nach ihrer Montirung und dem Auflegen der in die Lieferung nicht mit inbegriffenen Riemen arbeitsfähig ist. Was speciell die Drehbänke anlangt, so sind solche mit gekröpfter Wange, welche das Aufspannen breiterer Räder, Scheiben u. dergl. gestatten, zu empfehlen, es muß aber in der Wangenkröpfung eine leicht herausnehmbare Brücke angebracht sein, damit der Support bis nahe an die Spindelstockspitze sicher geführt ist. Am Spindelstock sind geschlossene Lager mit Schalen vom besten Metall und alle Vorkehrungen gegen ein Warmlaufen der Spindel anzubringen. Die complicirtere Ausrückung mittelst excentrischer Einlagerung der Vorgelegswelle bietet keinen Vorzug vor der älteren Einrichtung mit seitlicher Verschiebung der Vorgelegswelle. Bei den Supports muß der obere Theil auf dem unteren drehbar sein, alles aber gut zusammengepaßt und kräftig gehalten werden. Die beiden Spindeln sind aus Stahl mit flachem Gewinde zu fertigen, die Muttern lang und ohne den geringsten todten Gang. Die Axen des Reitnagels und der Spindelstockspindel müssen in eine Linie zusammenfallen; der Reitnagel muß gut passend, leicht verschiebbar und fest einklemmbar gemacht sein, der Reitstock nach jeder Verstellung sicher wieder in die ursprünglich richtige Lage zurückgebracht werden können. Der Herr Verfasser theilt nun Näheres über die Einrichtung und die Hauptdimensionen der in Chemnitz und besonders auch in seiner eigenen Fabrik gebaut werdenden Hand-, Modell-, Handsupport-, Leitspindel-, Leitspindelsupport-, Zahnstangensupport- und selbstthätigen Bohr-Drehbänke mit, worauf wir hier blos verweisen wollen. (Fortsetzung folgt.)

Peters, über Dampfkesselrevisionen. — Redner tadelt die Art und Weise, wie in dieser Frage von Berlin aus vorgegangen worden ist, und befürwortet warm und überzeugend die Bildung eines der association for the prevention of steam boiler explosions in Manchester ähnlichen Vereines, welcher durch einen Ausschuß und Specialingenieur die Revisionen vornehmen lassen soll, wobei es auf die guten Erfolge des zu gleichem Zwecke organisirten badischen Vereines hingewiesen wird.

Frank, Bessemerstahl aus halbirtem Roheisen erblasen. — Zu Neuberg in Obersteyermark hat man einen ziemlich gelungenen Versuch mit stark halbirtem Roheisen gemacht. Beim Beginn der 4791 Pfd. betragenden Charge wurden in kurzen Zwischenräumen mit dem vollen Winde 200 Pfd. fein geschlämmter Graphit eingeblasen, welcher wenigstens zum Theil zur Wirkung gelangte. Die Schlackenperiode verlief normal in 5 Minuten und nachher hielt man die Windpressung $7^1/_2$ Minuten lang auf 0,66 bis 0,73 Kil. pro Qu.-Centim., damit der Auswurf nicht zu heftig werde, stieg dann wieder bis zur vollen Windpressung (1,39 bis 1,46 Kilogr.) auf und goß nach 19 Minuten 300 Pfd. halbirtes Eisen zu, worauf noch $^1/_2$ Minute geblasen und hierauf ausgegossen wurde. Der erhaltene Stahlingot von 4010 Pfd. konnte die Nr. 6 erhalten und zu Blech verwendet werden. Günstiger war noch ein Versuch mit eingeblasener Holzkohle, bei welchem zu 5390 Pfd. Einsatz während der 11 Minuten dauernden Schlackenperiode 200 Pfd. gepulverte Holzkohle periodisch eingeblasen wurden. Die Charge währte 22 Minuten, worauf 300 Pfd. halbirtes Eisen zugesetzt, noch $^1/_4$ Minuten geblasen und nach 5 Minuten ausgegossen wurde. Man erhielt 5020 Pfd. Stahl Nr. 4 zu Bandagen und zwar

reinen Stahl	88,225 Proc.
Schalen und Abfälle	0,398 „
Auswurf	—
Abbrand	11,370 „
	100,000.

Veränderung der Steinkohle. — Nach Dr. Richters wurden von 2 Gramm pulverisirter Waldenburger Steinkohle durch Ueberführung eines auf 190° erhitzten Luftstromes in 10 Stunden 0,74 Proc. Wasserstoff zu Wasser und 1,17 Proc. Kohlenstoff zu Kohlensäure oxydirt, auch trat eine Gewichtsvermehrung um 4,21 Proc. ein, das spec. Gewicht stieg von 1,3 auf 1,5, die Kohle verlor die Eigenschaft

zu vercoken, wurde viel hygroskopischer und erhielt eine Vermehrung des Sauerstoffgehaltes.

Ransome's künstliche Steine. — Nach dem Engineering fabricirt Ransome seine künstlichen Steine aus Sand, welcher mit einer Auflösung von Wasserglas gemischt in Formen gepreßt und dann mit Chlorcalcium behandelt wird. Das Wasserglas wird aus Feuerstein durch Kochen in einer Natronlösung unter Druck von 4,2 Kilogr. pro Qu.-Centim. bereitet. Es kommen 18 bis 24 Liter feste Materialien auf 1 Liter Natronsilicat. Nach dem Formen sind die Steine noch locker; sie kommen dann unter eine Luftpumpe, welche mit Hilfe eines eingeformten Loches die Luft aussaugt, sodaß die übergegossene Chlorcalciumlösung rasch eindringt; dann werden die Steine in ein siedend heißes Bad derselben Lösung von 1,4 spec. Gewicht eingetaucht und hierauf unter Douchen zum Auswaschen des bei der Zersetzung des Chlorcalciums gebildeten Chlornatriums gebracht.

Versuche über die Festigkeit von Cement. — Resultate der Festigkeitsproben von Dr. H. Grothe mit den Cementen von Lothary in Mainz, des Bonner Vereines, der Gebr. Laube in Ulm, der Gebr. Hayn in Lüneburg und von Galet & Black. Ferner der genaueren Festigkeitsproben einer Commission in Cöln über den englischen Cement von Robins & Co. und denjenigen des Bonner Bergwerks- und Hüttenvereines.

Sandberg, über die Fabrikation und Dauer von Eisenbahnschienen. — Nachdem die von Henry Woodhouse für die schwedische Regierung angestellten Versuche bewiesen haben, daß das früher angewendete, die Herstellungskosten wesentlich vertheuernde Hämmern der Luppen für die Deckschienen nach der ersten Schweißhitze die Dauer der Schienen nicht erhöht, und daß bei der Herstellung der Schienen hauptsächlich Schweißfehler zu vermeiden sind, erklärt Verfasser die jetzt gebräuchliche Herstellungsmethode, bei welcher das Eisen in Stäbe gewalzt, aus diesem Packete formirt, und daraus durch wiederholtes Walzen die Schienen hergestellt werden, für die vortheilhafteste. Ueber die Dauer der Eisenbahnschienen kann nach den Versuchen auf der Great-Northern-Bahn und den Beobachtungen über die erforderlichen Auswechselungen auf den schwedischen Staatsbahnen bei 114 Millim. hohen, 30,6 Kilogr. pro lauf. Meter wiegenden Vignolschienen aus gepuddelten Stäben geschlossen werden, daß sie 956 Millionen Centner bei 1 Meile Geschwindigkeit aushalten. Da die Verwendung der alten Schienen und die häufigen Auswechselungen mancherlei Schwierigkeiten bereiten, so ist man zur Verwendung des Stahles geführt worden; auch verarbeiten in England mehrere Bahnen in eignen Walzwerken ihre abgenutzten Schienen zu neuen mit Bessemerstahlköpfen. Für sehr frequente Bahnen, wo die Eisenschienen nur 5 bis 10 Jahre Dauer haben, sind Stahlkopfschienen billiger.

Blaß, Bericht über die Vorarbeiten zu Dampfkesselversuchen. — Zu versuchen ist, ob Dampfkesselexplosionen dadurch entstehen können, daß ein rothglühend gewordener Theil der Kesselwand mit Wasser in Berührung tritt (welche Hypothese durch die Fletcher'schen Versuche nicht bestätigt wird), ob die Phänomene des sphäroidalen Zustandes des Wassers locale Explosionen, oder die Erscheinung des Tanzens der Kessel hervorrufen können, ob die Erscheinung des Siedeverzuges eine genügende Erklärung zu geben im Stande ist.

Peters, über die französische Eisenindustrie. — Lage und Leistungen dieser Industrie, sowie Beziehungen zum deutschen Eisenhüttenwesen.

Bojacek, Benutzung des Planimeters bei Festigkeitsberechnungen. — Anleitung zu einer neuen, sehr interessanten und große Erleichterungen gewährenden Verwendung des Planimeters.

Stahl, Fundirung der Rheinbrücke bei Hamm — Jeder Pfeiler der genannten Brücke besteht aus zwei in dem Axenabstande von 9,56 Metern von einander versenkten gemauerten Brunnenschächten von 8,16 Meter äußerem Durchmesser, welche über dem Wasserspiegel durch ein Gewölbe untereinander verbunden und in einen massiven Körper zusammengezogen sind. Diese Schächte wurden auf einem 0,94 bis 1,1 Meter hohen runden Brunnenkranze aus Schmiedeeisen, welcher an 20 Hängestangen hing, aufgemauert und allmälig in's Wasser versenkt. Im hohlen Raume des Schachtes befand sich ein mit der Decke des Brunnenkranzes verbundener eiserner Einsteigeschacht, der an seinem oberen Ende die Luftschleuße trug. War der Schacht bis auf das Flußbette versenkt, was mit Hilfe von Schrauben an den Hängestangen geschah, so wird Luft in den äußeren Schacht gepumpt, bis ein Theil davon unter dem Schuhe hervortritt und in dieser comprimirten Luft wird nun von der Mannschaft an der Ausgrabung des Erdreiches unter dem Brunnenkranze gearbeitet, bis der Schacht bis zu der gewünschten Tiefe versenkt ist. Dann wird der unterste Theil mit Beton ausgefüllt und noch so lange Luft eingepumpt, bis derselbe fest geworden ist, worauf der eiserne Einsteigeschacht abgetragen und der innere Pfeilerraum ausgemauert werden kann.

Schmelzer, Dachziegel auf der Pariser Ausstellung. — Drasche in Wien hatte durch Größe und Glasur ausgezeichnete Dachziegel ausgestellt, im Uebrigen bot die deutsche, belgische und niederländische Ausstellung in diesem Fache nichts Neues. Die englischen Dachziegel zeichneten sich durch musterhafte Arbeit und große Leichtigkeit aus, die französischen Fabrikate waren aber die interessantesten. Die französischen Falzziegel waren gut gefertigt und sind den alten Ziegelsorten entschieden vorzuziehen, weil sie flache Dächer, weite Lattung, leichte Dachconstructionen gestatten, nur einmalige Arbeit beim Eindecken nöthig machen, dichte, auch heftigen Stürmen widerstehende Dächer geben, endlich zum Schmuck der Häuser beitragen.

Geiger's Centrifugalregulator. — Bei diesem Regulator drückt auf die bewegliche Hülse ein mit einem Gewichte belasteter Hebel. Das Gewicht ist walzenförmig und bewegt sich bei der Anhebung des Hebels längs desselben in einem gebogenen Laufe. Sinkt die Hülse in Folge vermehrten Widerstandes, so rollt das Gewicht vor und erhöht den Niederdruck auf die Hülse, sodaß die Kugeln sich erst dann wieder heben können, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit größer geworden ist, als die normale. Dann rollt das Gewicht zurück und wirkt um soviel weniger, daß die Kugeln erst dann sinken, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit unter die normale herabgegangen ist. Eine hier nicht mitzutheilende Rechnung zeigt, daß der Bogen, auf welchem das Gewicht rollt, ein Kreisbogen sein muß und der Geiger'sche Regu-

later richtig wirkt, daß er aber weniger empfindlich ist, als ein gewöhnlicher Centrifugalregulator. Wenn statt des rollenden Gewichtes ein an einem jeden Arme hängendes Gewicht angewendet, so erhält man mehr Empfindlichkeit und gelangt zu der von Prof. Greßmann angegebenen Construction. Es genügt aber auch der rein parabolische Regulator, wenn an Stelle der gewöhnlichen Schwungkugeln cylindrische, an Stangen hängende Laufgewichte angewendet werden, welche auf einer an der Welle sitzenden festen bogenförmigen Bahn rollen, während die oberen Enden der Stangen an Armen befestigt sind, welche aus der beweglichen Hülse hervorragen.

Winter, Festigkeitsversuche. — Nachstehende Tabelle enthält die Resultate einiger in der Hartmann'schen Fabrik in Chemnitz ausgeführten Festigkeitsversuche. Darin bedeuten F_0 und L_0 den ursprünglichen Querschnitt und die Länge in Millimetern, F_1 und L_1 dieselben Größen nach dem Bruche, A die absolute Festigkeit, T den Tragmodul und E den Elasticitätsmodul in Kilogrammen.

	F_0	F_1	L_0	L_1	A	E	T.
Schwedischer Werkzeugstahl, ungeglüht und ungehärtet	8 × 8	8 × 8	132	135,5	74,2	19000	45
Bessemerstahl, quer gegen die Fasern, geglüht	8 × 8	7,5 × 7,5	133	156	63,8	—	35
Stahl, in der Richtung der Fasern, geglüht	8 × 8	7,5 × 7,5	133,5	156,5	61,2	—	32
desgl. ungeglüht	8 × 8	7,5 × 7,5	133,5	154	63,8	—	36
desgl. der Quere nach, ungeglüht	7,5 × 7,0	7,5 × 7,0	133,5	154	79,4	—	41
desgl. der Länge nach, gehärtet und blau angelassen	8 × 8	8 × 8	134	134,2	97	—	80
Kupfer, Farbe und Bruch lebhaft roth	11,5 × 11,5	10 × 10	144	207	22	—	13,5
desgl. braun, Bruch mattroth	11,5 × 11,5	10,5 × 10,5	141	188	25,5	—	17
Gußeisen	17 × 18	17 × 18	150	150,5	9,25	—	7,5
Schmiedeeisen, ausgeschmiedet	10 × 10	10 × 10	133	145	40,8	—	20
Hämmerbares Gußeisen	10,25 × 10,25	—	136	—	20,45	—	—

Eichenauer, Fangvorrichtung für Fördergestelle. — Bei dieser allerdings noch nicht versuchten Fangvorrichtung soll im Falle eines Seilbruches der Sturz der Fördergestelle durch den Widerstand aufgehalten werden, welchen ein mit dem Fördergestell verbundener und sich in einer mit Wasser gefüllten, etwas weiteren Röhre bewegender Kolben erzeugt. Es sollen nämlich über Tage zwei Paar oben und unten communicirende Röhren vertical aufgestellt werden, deren beinahe schließende Kolben durch dünne Seile von verzinktem Eisendraht derart mit den Gestellen verbunden sind, daß in jedem Röhrenpaare bei der Drehung dieser Wellen der eine Kolben, ebenso wie die Fördergestelle im Schachte, aufgeht, während der andere niedergeht. Ueber den verticalen Röhren liegen nämlich Seilrollen, deren Durchmesser zu den Durchmessern ihrer Wellen in demselben Verhältniß stehen, wie die Förderteufen zu den Längen der Kolbenröhren; ferner sind die Gestelle durch dünne Seile mit den Seilrollen und die Kolben, wie schon erwähnt, durch dünne Seile mit den Wellen dieser Rollen verbunden.

Krieg, Steinkohlenverbrauch bei einer 40pferdigen Dampfmaschine. — Die Maschine, an welcher die hier beschriebenen Versuche angestellt wurden, stammte aus der Fabrik von B. Donkin u. Co. in London und betrieb die Holländer der Papierfabrik zu Eichberg. Während der Versuche wurden unausgesetzt und gleichzeitig im Hoch- und Niederdruckcylinder der Maschine Indicator-Diagramme abgenommen, der Kesseldruck an einem offenen Manometer notirt, Quantität und Temperatur des Condensationswassers mit einem in Fünftelgrade getheilten Thermometer beobachtet, die zur Verbrennung kommenden Steinkohlen und das Speisewasser gewogen, der Stand des Wassers im Kessel zu Anfang und zu Ende jedes Versuches controlirt, das in dem Wassersammler an der Dampfrohrleitung und dem Dampfhemde des Cylinders aufgefangene Condensationswasser gewogen, endlich die Leistung der Dampfmaschine gleichförmig regulirt und notirt. Bei der nach Farey's System gebauten Dampfmaschine besitzt der kleine Hochdruckcylinder 406, der große 762 Millim. Durchmesser bei 915 Millim. Hub; beide Cylinder sind mit Dampfhemden versehen und ihre Kolbenstangen durch zwei äußere, zu beiden Seiten der Cylinder laufende Führungsstangen verbunden. Der von Borsig in Berlin gefertigte Dampfkessel hat einen 8,1 Meter langen, 1,53 Meter weiten cylindrischen Hauptkessel mit zwei 550 Millim. weiten Feuerröhren und einem unter dem Kessel liegenden, 0,94 Meter weiten, 6,28 Meter langen Vorwärmerohr. Heizfläche 30, Rostfläche 2 Qu.-Meter. Die mit Lehm und Stroh umwickelte, 57 Meter lange Dampfrohrleitung besteht aus 113 Millim. weiten Röhren. In den ersten 4 Stunden des Versuches leistete die Maschine nach den Indicatordiagrammen 67¾ Pferdekräfte bei einer Füllung von ca. ¼ und einer Dampfspannung von 3,47 Kilogr. pro Qu.-Centim. im Kessel, 49½ bis 50½ Umdrehungen pro Minute und 303 Pfd. Kohlenverbrauch (Waldenburger Stückkohle von Glückhilfgrube). Dabei verdampfte 1 Pfd. Kohle 7,47 Pfd. Wasser von 35° C. und es wurden 790½ Pfd. Condensationswasser pro Minute verbraucht, welche mit 14,5° C. eintraten und den Condensator mit 29,1° C. verließen; auch wurden aus der Rohrleitung und dem Dampfhemde 672 Pfd. Condensationswasser von 93° C. Temperatur aufgefangen. Der Dampfverbrauch pro Stunde und Pferdekraft betrug 20,11 Pfd. und der Kohlenverbrauch 2,7 Pfd. Die Maschine trieb 6 Ganzzeugholländer à 180 bis 200 Pfd. Stoff und vier kleine à 100 Pfd., sowie eine große Centrifugalpumpe. Letztere soll 18, die leere Maschine 8, jeder große Holländer 10 und jeder kleine 5 bis 6 Pferdekräfte consumiren.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 5.

Literatur.

Theorie der Bewegung und der Kräfte. Ein Lehrbuch der theoretischen Mechanik, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse technischer Hochschulen bearbeitet von Dr. Wilhelm Schell, Professor am Polytechnikum zu Carlsruhe. Mit vielen in den Text gedruckten Holzschnitten. 1. und 2. Lieferung. Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner. 1869.

Wie das treffend gewählte Motto dieses gelehrten Werkes „Geometrica geometrice" andeutet, ist dabei der geometrische Charakter der vorgetragenen Wissenschaft besonders hervorgehoben und die analytische Behandlung mehr blos zur Bestätigung der gefundenen Lehrsätze durch die Rechnung benutzt; es ist ferner aller Fleiß auf eine consequente, systematisch geordnete und pädagogisch zweckmäßige Darstellung gerichtet und daher die ältere Eintheilung der Mechanik in Statik und Dynamik aufgegeben, und drittens zeichnet sich dieses Werk dadurch aus, daß es dem Studirenden die erforderliche Anleitung giebt, Probleme selbst einzukleiden und zu lösen. Nach dem aufgestellten Plane wird im 1. Theil die Geometrie der Bewegung (gewissermaßen das Vermittelungsglied zwischen Geometrie und Mechanik), im 2. Theile die Theorie der Geschwindigkeit, im 3. diejenige der Beschleunigung und im 4. Theile die Theorie der Kräfte, also stufenweise vorschreitend immer Schwierigeres, immer mehr an das Gebiet der modernen Psychologie Streifendes behandelt werden. Die vorliegenden beiden Lieferungen enthalten den ersten und zweiten Theil vollständig, sowie den Anfang des dritten Theiles und das Werk ist überhaupt auf 5 Lieferungen berechnet. Es nimmt jedenfalls einen sehr hervorragenden Platz unter den deutschen Lehrbüchern der theoretischen Mechanik ein.

Der Bau der Brückenträger mit besonderer Rücksicht auf Eisenconstructionen von Fr. Laißle u. Ad. Schübler, Ingenieuren. Erster Theil. Dritte umgearbeitete Auflage. Stuttgart. Verlag von Paul Neff. 1869.

Zwischen dieser neuesten und der zweiten Auflage obigen allgemein geschätzten Werkes ist kein so wesentlicher Unterschied zu constatiren, als zwischen seiner zweiten und ersten Auflage, doch hat das Buch an Uebersichtlichkeit und praktischer Brauchbarkeit noch wesentlich gewonnen, indem u. A. der Paragraph über Belastungen und Eigengewichte vervollständigt und übersichtlicher geordnet, für die I-Träger ausführlichere und bequemere Tabellen gegeben, die Blechträger kürzer und präciser behandelt worden sind und ein specielleres Inhaltsverzeichniß beigegeben ist. Auch wird nunmehr das Erscheinen des bereits vor 6 Jahren angekündigten zweiten Theiles, welcher die praktischen Regeln für die in vorliegendem ersten Theile nicht berücksichtigten Balkenbrücken, und zwar besonders die Fachwerksbrücken, enthalten wird, in sicherere Aussicht gestellt. Die äußere Ausstattung des Buches ist nur zu loben.

Études sur l'Exposition de 1867, Annales et Archives de l'Industrie au XIXe siècle, nouvelle Technologie des arts et métiers, des manufactures, de l'agriculture, des mines etc., description générale, encyclopédique, méthodique et raisonnée de l'état actuel des arts, des sciences, de l'industrie et de l'agriculture, chez toutes les nations, recueil de travaux historiques, techniques, théoriques et pratiques par MM. les Rédacteurs des Annales du Génie civil. Avec la collaboration de savants, d'ingénieurs et de professeurs français et étrangers. E. Lacroix, membre de la société industrielle de Mulhouse, directeur de la publication. Fascicules 39 à 40. Paris. Librairie scientifique, industrielle et agricole. Eugène Lacroix, éditeur.

Mit diesen drei Heften wird der große, in dies. Bl. wiederholt besprochene encyclopädische Bericht über die Pariser Ausstellung vom Jahre 1867 abgeschlossen. Sie enthalten Fortsetzung und Schluß eines Artikels von Noguès über Mineralogie und Geologie (die ausgestellten Erze behandelnd) und von sonstigen, unsere Blätter näher interessirenden Artikeln eine Abhandlung von Grandvoinet über Windmühlen, von Vigreux über Papiermaschinen, von Vigreux und Raux über hydraulische Motoren u. s. w. Hat diese Publication wegen der Fülle des Stoffes und der Größe des Planes ihren ursprünglich beabsichtigten Umfang auch weit überschritten, so kann sie doch nicht als abgeschlossen angesehen werden, und wir finden die von uns gleich anfangs ausgesprochenen Zweifel, daß das Programm kaum zu erreichen sein werde, nur bestätigt; demungeachtet ist diese Encyclopädie als Nachschlagebuch für Bibliotheken wohl zu empfehlen, zumal der auf 258 Tafeln angewachsene Atlas dem Techniker viel Werthvolles bietet.

Théorie mécanique de la Chaleur par R. Clausius, professeur à l'université de Wurzbourg, correspondant de l'Institut. Traduit de l'allemand par F. Folie, docteur des sciences, professeur à l'École industrielle de Liège. Deuxième partie. Mémoires

sur l'application de la théorie mécanique de la chaleur aux phénomènes électriques et sur les mouvements moléculaires admis pour l'explication de la chaleur. Paris, librairie scientifique, industrielle et agricole. Eugène Lacroix, éditeur. 1869.

Ueber diese hier in einer guten, vom Verfasser selbst durchgesehenen und mit Zusätzen bereicherten französischen Uebersetzung erscheinenden Abhandlungen unseres berühmten Landsmannes Clausius haben wir um so weniger nöthig, hier ausführlicher zu berichten, da sie mehr in das Gebiet der höheren Physik einschlagen, wir glauben aber diese wichtige Erscheinung nicht mit Stillschweigen übergehen zu dürfen, da es für unsere ausländischen Leser von Wichtigkeit sein kann, eine gute französische Uebersetzung dieser Arbeiten kennen zu lernen.

Carnet de l'Ingénieur. Recueil des tables, des formules et des renseignements usuels et pratiques sur les sciences appliquées à l'industrie, chimie, physique, mécanique, machines à vapeur, hydraulique, résistance, frottements etc. A l'usage des Ingénieurs-Constructeurs, des Architectes, des Chefs d'usines industrielles, des Mécaniciens, des Directeurs et Conducteurs des travaux, des Agents voyers, des Manufacturiers et des Industriels, publié par les Rédacteurs des Annales du Génie Civil avec la collaboration d'ingénieurs et des savants français et étrangers. Eug. Lacroix, directeur de la publication. Quatorzième Edition. 1869. Paris, librairie scientifique, industrielle et agricole, Eugène Lacroix, éditeur.

Die vorliegende vierzehnte Auflage des Carnet de l'Ingénieur ist methodischer geordnet und inhaltsreicher als die früheren, bietet daher selbst für Deutschland einiges Interesse, obwohl unsere technische Literatur in dieser Branche entschieden reicher und besser als diejenige des Auslandes ist. Außer den Logarithmen-, Reciproken-, Potenzen-, Wurzel-, Kreisfunctionstafeln u. dergl., den nöthigsten Formeln über Gleichungen, Interpolation, Trigonometrie, Plani- und Stereometrie, sowie analytische Geometrie sind in diesem Buche zahlreiche Formeln und Tabellen aus der Mechanik und Hydraulik, Maschinenlehre, Baukunst, Physik, Geologie u. s. w., Maaß- und Gewichts-, Zinsen- und Lohntabellen und ein ausführliches Register zu finden.

Der umfassend-praktische Holzcubirer für's Liegende und Stehende nach neuerem Stande forstlicher Wissenschaft und Erfahrung in Tafeln und Regeln zur Erleichterung sachverständiger Bemessung und Berechnung der Hölzer nach Dimensionen, Form, Verschnitt, Gewicht, Schwinden, Heizkraft, Total- und Sorten-Gehalt und Werth nebst umfassenden Maaß- und Gewichts- und Maaßreductions-Tabellen für Waldbesitzer, Forst- und Landwirthe, Holzhändler, Baugewerken, Ingenieure und Fabrikbesitzer von Max. Rob. Preßler, Prof. der mathem.-forstlichen 2c. Wissenschaft a. d. Akad. Tharand und Kgl. Sächs. Hofrath, Ritter I. Cl. d. Großherzogl. Old. H.- u. V.-O. u. d. Herzogl. Sachs.-Ernest. H.-O., Ehrenmitglied des Oesterr. Reichs-, des Böhm., Schweizer u. a. Forst- u. Gewerbs-Vereine. Dritte mehrfach verbesserte und vervollständigte Auflage. Allgemeine Ausgabe für Preußen-Deutschland nebst Baiern u. s. w. Dresden. Wold. Türk's Verlagshandlung. 1869.

Aus obigem ausführlichen Titel geht der Inhalt des vorliegenden Werkchens ziemlich vollständig hervor. Dasselbe ist hauptsächlich für Forst- und Landwirthe, sowie für Holzhändler bestimmt, enthält indessen manche Tafel, die auch für Baugewerken und Ingenieure nützlich ist, z. B. Tafeln zur Cubicirung der Rundhölzer und geschnittenen Hölzer, sowie Steine, zur Bestimmung der einem gegebenen Rechteck entsprechenden Durchmesser, zur Bestimmung des Kreisquerschnittes in Quadratfußen bei in Zollen gegebenen Durchmessern, ausgedehnte Hilfstafeln zur Geldberechnung, eine allgemeine Multiplicationstafel, eine graphische Reciprokentafel u. dergl. Für die allgemeine Brauchbarkeit spricht schon der Umstand, daß der „Holzcubirer" hier bereits in dritter Auflage erscheint.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1869. Band XIII, Heft 1—4. (Schluß.)

Krause, Schwinden des Gußeisens. — Bei einem hitzig gegossenen gußeisernen Ring (sogenanntem schwedischen Kolben) von 600 Millim. Durchmesser und 18 Millim. Stärke betrug das Schwinden 13 Millimeter mehr, als bei einem matt gegossenen.

Krause, selbstthätiger Laufkrahn. — Ein derartiger Laufkrahn in der Hartmann'schen Fabrik in Chemnitz hat 10 Meter Spannweite, 105 Meter Bahnlänge, 500 Ctr. Tragkraft, 140 Millim. Längsgeschwindigkeit, 170 Millim. Transversal-, 6 bis 55 Millim. Hubgeschwindigkeit pro Secunde und wird durch eine 5- bis 6pferdige Maschine mittelst eines 15 Millimeter starken Seiles bei 25 Meter Seilgeschwindigkeit getrieben.

Die Mannheimer Gesellschaft zur Ueberwachung und Versicherung von Dampfkesseln — wurde im Jahre 1866 gegründet und wuchs in den ersten beiden Jahren der ungünstigen Zeitverhältnisse halber nur sehr langsam, von 47 auf 58, dann aber rasch auf 308 Kessel, nachdem die Regierung erklärt hatte, daß sie auf dem Verwaltungswege einschreiten müsse, falls die Dampfkesselbesitzer der Gesellschaft nicht beiträten, oder ihre Kessel nicht von derselben revidiren ließen. Seitdem hat der Ingenieur der Gesellschaft besonders die Kesselanlagen des badischen Oberlandes und Schwarzwaldes revidirt und bei 94 Dampfkesseln bereits zahlreiche grobe Fehler zu urgiren gehabt. Besondere Aufmerksamkeit hat er den Heizern zugewendet und die unwissenden über das, was zum gefahrlosen Betriebe erforderlich ist, gehörig zu unterrichten gesucht, den Kesselbesitzern aber dargelegt, von

welchem Werthe ein tüchtiger Heizer sei. Ferner werden bei einer äußeren Revision die Garnituren auf ihre Zweckmäßigkeit und richtige Thätigkeit, bei einer inneren Revision die Wandungen auf etwaige Schäden, Risse, schwache Stellen, Kesselstein u. s. w. untersucht. Der Zweck der Gesellschaft ist nicht nur die Verhütung von Explosionen, die Einführung von Verbesserungen, die Anstellung von Indicatorversuchen, sondern auch die gegenseitige Versicherung, es steht aber den Mitgliedern frei, an der letzteren Versicherung sich nicht zu betheiligen. Die Beiträge betragen jährlich für 1 Kessel 15, für 2 bis 4 Kessel pro Stück 13, für 5 bis 9 Kessel 11 Fl. u. s. w., wofür eine zweimalige jährliche Revision und außerdem Auskunft über einschlagende Fragen ertheilt wird; außerordentliche Untersuchungen, Druckproben, Anlagszeichnungen u. dergl. werden nach bestimmten Sätzen besonders honorirt.

Mohr, amerikanische Weichenvorrichtung. — An die beiden äußeren Seiten der beweglichen Schienen sind Gußstücke von gleicher Höhe mit den Schienen angeschraubt, welche nach vornhin keilartig abfallen, und ebenso sind innerlich gußeiserne Platten befestigt, welche nach vorn eine Rippe von der Höhe der Schiene und daneben eine etwas höhere Rippe tragen. Bei unrichtiger Weichenstellung fährt der Spurkranz der Räder auf das keilförmige Stück auf und wird dann durch eins der inneren Stücke in die bewegliche Schiene gerückt. Das Nähere ist nur durch Zeichnung deutlich zu machen.

Kolster, Werkzeug zum Einstoßen von Keilnuthen. — In die Nabe, deren Keilnuth hergestellt werden soll, wird ein schmiedeeiserner Dorn von ungefähr der doppelten Länge der Nabe und geringerem Durchmesser eingesteckt, der auf seiner unteren Seite etwas keilförmig abgeflacht ist, um durch einen eingeschlagenen Keil in der Nabe festgestellt werden zu können, auf der oberen Seite aber mit einer bis etwa in die Mitte des Cylinders reichenden Nuth von gleicher Breite mit der herzustellenden Nuth versehen ist. In diese Nuth kommen schlanke Gegenkeile und auf diese ein Stoßeisen mit einem Zahne zu liegen, welches nach Einstellung der Gegenkeile mit dem Hammer durch die Nabe getrieben wird und dabei einen Span wegnimmt, was so lange wiederholt wird, bis die Nuth in der Nabe genügend tief ist.

Kolster, die pneumatische Schmierbüchse von Sautreuil & Co. — besteht einfach aus einer Glaskugel mit schwach conisch ausgeschliffenem Halse, in welcher ein 75 bis 100 Millim. langes Holzröhrchen mit einer 1 bis 2 Millim. weiten, sich nach unten erweiternden Bohrung eingesteckt ist. Letzteres muß leicht in dem Schmierloche des Lagerdeckels beweglich sein und auf der Welle aufruhen. Der Ausfluß des Oeles aus dem Glasgefäße erfolgt nur beim Gange der Wellen und ist der Geschwindigkeit proportional. Bei einer 100 Millim. starken, 60 Umdrehungen pro Minute machenden Welle brauchte das 44 Millim. weite Glasgefäß erst nach 20 Tagen à 12 Arbeitsstunden wieder mit Olivenöl gefüllt zu werden.

Gerhardi, verbesserter Cupolofen. — Bei diesem, in Berlin sehr beliebten Cupolofen sind Fassungsraum, Düsenschacht, Kohlensack und Wärmeschacht von sehr verschiedener Weite und Höhe, das Schachtfutter muß mit 10 verschiedenen Arten von feuerfesten Formsteinen dicht und sauber hergestellt werden, der Wind tritt unten durch vier 130 Millim. im Quadrat weite, oben durch acht 68 Millim. weite Düsen in den Ofen. Man kann bei gutem Zustande des Ofens auf 50 Pfund besten englischen Cokes 1000 Pfd. Eisen aufgeben und pro Stunde 60 Ctr. Eisen erblasen.

Kugel, über die Theilhaberschaft der Arbeiter am Geschäftsgewinn. — Interessante Notizen über einige englische, amerikanische und Berliner Unternehmungen dieser Art.

Schuchart, stehende Kessel des Limburger Fabrik- und Hüttenvereines. — Abbildung einer solchen Anlage, bei welcher die abziehenden Gase von 4 Stahlpuddelöfen zur Heizung von 6 stehenden Kesseln benutzt werden. Die Kessel sind 8,16 Meter lange, 1,25 Meter weite Cylinder mit 20 Qu.-Meter Heizfläche und zwei horizontalen Domen, wovon derjenige am untern Ende zur Anbringung des Speise- und des Abblasrohres, der obere zur Befestigung des Wasserglases und Federmanometers dient. Sie stehen mit den Böden und vier Tatzen auf und sind mit einem gerade aufsteigenden, 26 Centimeter starken Kesselmauerwerke bis zum Scheitel umgeben, dessen einzelne Steine ineinandergesetzt sind und innerlich aus feuerfestem Material bestehen. Dieses Mauerwerk schließt sich bei 2,25 Meter vom obern Ende des Kessels an diesen mittelst einer Ueberkragung an, umschließt den Kessel aber auch noch oberhalb der Feuerzüge, sodaß der Dampfraum von einem heißen Luftraume umgeben ist. Zum Reinigen sind zahlreiche Oeffnungen im Ofen angebracht, und im Innern des Kessels in Abständen von 47 Centim. Flacheisen eingenietet. Diese Kessel geben ebenso trockenen Dampf als liegende Kessel und zwar 17 bis 20 Kilogr. pro Stunde und Quadratmeter bei einer Production der Puddelöfen von 5 bis 6 Chargen pro Schicht. Im Dampfüberhitzungsraume beträgt die Temperatur 260 bis 360° C.

Heinemann, Einleitung zu einer rationellen Theorie der Bewegung des Wassers. — Der Herr Vortragende sucht nachzuweisen, daß das Toricelli'sche Theorem, wonach die Ausflußgeschwindigkeit des Wassers c der Endgeschwindigkeit $\sqrt{2gh}$ gleich sein soll, welche der Fallhöhe h entspricht, irrig sei, und daß vielmehr zu sagen sei:

$$c = \sqrt{gh},$$

stellt auch für Röhrenleitungen eine neue Formel auf.

Ueber Quecksilbermanometer. — Der oberschlesische Bezirksverein spricht sich im Gegensatz zum Breslauer Bezirksverein dahin aus, daß gut ausgeführte und construirte Quecksilbermanometer zuverlässiger seien, als Federmanometer.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XIX, 1869, Heft 1 bis 7.

Vorschriften für die Ausbildung und Prüfung Derjenigen, welche sich dem Baufache im Königl. preuß. Staatsdienste widmen, sowie für die Königl. Bauakademie zu Berlin. —

Durm, Portale der Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen. — Die fragliche Brücke ist eine Fachwerksbrücke für 2 Geleise (7,572 Meter) und einen gewöhnlichen Fahrweg (6,50 Meter) innerhalb der Träger und zwei 1,926 Meter breite Fußwege außerhalb derselben. Die Eisenbahnbrücke besitzt zwei hohle Tragwände von 10 Meter Höhe und 0,528 Meter Breite und die Fuhrwerksbrücke zwei ebenso hohe, aber nur 0,384 Meter breite Tragwände. Spannweite der Brückenöffnungen 87,33 Meter. Für die in unserer

Quelle abgebildeten geschmackvollen Portale bestand eine Hauptschwierigkeit in der Verdeckung der ungleichen Lichtweite der beiden nebeneinanderliegenden Brücken, und dieselbe ist dadurch gelöst, daß die in den gleichweiten steinernen Bögen vortretenden Theile der Eisenconstruction mit gußeisernen verzierten und zu diesen Thoren parallelen Rahmen verkleidet sind. Die Portale enthalten zugleich Locale für Bahnwärter und Brückengelderer heber.

Schwedler, eiserne Dachconstructionen der Retortenhäuser der Gasanstalten zu Berlin. — Die abgebildeten Dächer sind Satteldächer mit ebenen Flächen und Luftöffnungen im First, deren Hauptgebinde über den Mitten der Fensterpfeiler gelagert und durch die Fetten und Diagonalen unter sich verbunden sind. Von den Auflagern der Gebinde ist das eine ein Rolllager. Als Deckmaterial ist gewelltes Zinkblech Nr. 14 angewendet, wovon eine 1,91 Meter lange, 0,956 Meter breite, mit 3,93 Centim. hohen Wellen versehene Tafel 25 Pfd. wiegt. Die aus Winkeleisen bestehenden, 2,865 Meter langen, 0,92 Meter auseinanderliegenden Fetten sind 5,24 Centim. breit in den Schenkeln und 6,5 Millim. stark. Die eisernen Sparren sind in mehrere, durch parabolische Fachwerksconstruction verstärkte Theile zerlegt. Als Belastung, incl. Eigengewicht sind 30,45 Centner pro Quadratmeter und als Anstrengung höchstens 731 Kilogr. pro Qu.-Centim. in Ansatz gebracht. Das Gewicht der Eisenconstruction beträgt bei der Construction 1 Ordnung pro Qu.-Meter Grundfläche 53,8 Pfund. Die größte dargestellte Construction bezieht sich auf 31 Meter Spannweite.

Michaelis, Ent- und Bewässerungsanlagen im südlichen Frankreich. — Reiseberichte über den Canal von Arcachon zur Entwässerung des Landes, über den Canal du Verdon, dessen Wände z. Th. mit einer nur 10 Centim. starken Betonlage aus 3 Th. grobem Sand und feinem Kies und 1 Th. hydraulischem Mörtel bestehen, und dessen Concessionsbedingungen mitgetheilt sind, sowie über die Canäle von Carpentras, Marseille, und den Nestecanal. Am Canal von Marseille befindet sich der merkwürdige Aquäduct von Roquefavour und das Bassin von Realtor, bemerkenswerth sind ferner sich selbst regulirende Abflußvorrichtungen und die Abdichtungsarbeiten mit Beton.

Eissprengungen bei Oppeln mittelst Dynamit. — Im Januar 1868 hatten sich auf der Oder bei Oppeln so bedeutende Eisstopfungen gebildet, daß viele Versuche zum Sprengen derselben gemacht wurden, leider aber ohne Erfolg. Man beseitigte nun die feste Eisdecke unterhalb dieser Stopfungen durch Kanonenschläge mit 2- und 3pfündiger Ladung und griff, da diese bald verbraucht waren, versuchsweise nach 2- bis 3löthigen Patronen von gepreßtem Dynamit in Pergamenthülsen oder solchen von stark geleimtem Papier. Diese in kaltem Raume gefertigten Patronen waren selbst mit Zündhütchen nicht zum Explodiren zu bringen, wenn sie nicht vorher bis zu 25° R. erwärmt wurden. Die am Ende der Bickford'schen Zündschnur befestigten Zündhütchen wurden bis auf den Boden der 9 Centim. langen Patronen geschoben, Letztere dann fest mit Bindfaden zugeschnürt, in siedendes Pech getaucht und ca. 10 Secunden darin erhalten, des besseren Schwimmens wegen mit einem Korke versehen und dann rasch zu 30 Stück auf's Eis und mittelst Stangen in vorher aufgehauene Löcher zwischen die Schollen gebracht. Eine 3löthige Patrone bewirkte, wenn sie unmittelbar unter 26 Centim. starker Eisdecke befestigt wurde, ein 1,8 bis 3,75 Meter weites Loch, von welchem noch bis auf 7,5 Meter im Umkreis radiale Risse ausgingen, bei größerer Tiefe der Patrone nahm die Wirkung sehr stark ab, und wenn dieselben nicht in den ersten 25 Minuten nach dem Eintauchen in Pech abgethan wurden, so versagte ein Theil. Die mit der Füllung der Patronen beschäftigten Arbeiter wurden von Kopfweh und Husten befallen und konnten nicht länger als 1 Stunde täglich mit dieser Arbeit beschäftigt werden. Die Durchdringung der Patronen mit Wasser vermindert den Effect nicht; eine unter Wasser mittelst Zünder abgebrannte Patrone bringt die bis zu 26 Centim. Abstand davon befindlichen Patronen ebenfalls zum Explodiren.

Norrbin's Ammoniakkrut — ist ein schwarzes, teigartiges, sich feucht anfühlendes und leicht zusammenklebendes Pulver, welches eine große Sprengkraft besitzt. Durch Wärme ist es schwerer entzündbar als Nitroglycerin und Dynamit, bedarf auch eines viel heftigeren Stoßes zur Entzündung, soll aber um die Hälfte billiger sein, als eine die gleiche Sprengkraft besitzende Menge Nitroglycerin.

Heinzerling, die Bauwaage und deren Ergebnisse für den Gewölbebau. — Unter der Bauwaage versteht der Herr Verfasser eine Tafel, welche genau vertical aufgestellt werden kann, an ihren verticalen und horizontalen Rändern mit Metereintheilung und daran verschiebbaren Rollenträgern versehen ist, und die Möglichkeit bietet, eine mit Gewichten beschwerte Kette davor aufzuhängen und die von ihr gebildete Curve genau zu beobachten und aufzunehmen, resp. mit einer an der Tafel befestigten aufgezeichneten Curve zu vergleichen. Der Herr Verfasser knüpft an die Anweisung zum Gebrauche dieses Apparates die lehrreichsten Erörterungen, welche aber in unserer Quelle selbst studirt werden müssen.

Müller, über die Unterhaltung der Straßen in der Stadt Paris. — Die Pariser Straßen sind in neuerer Zeit sämmtlich macadamisirt worden und bieten demnach eine treffliche Gelegenheit, die Vor- und Nachtheile dieser Art Straßenbau zu studiren. Neuerdings ist auch bereits wieder auf manchen Straßen an den Rändern ein 2 bis 4 Meter breites Pflaster für Lastwagen gelegt worden, während andere Straßen mit comprimirtem Asphalt belegt werden. Zu den Pflasterungen wendet man belgischen Porphyr in 16 bis 17 Centim. hohen cubischen Steinen an, deren Oberfläche 8 auf 14, 10 auf 16, 15 auf 15, 13 auf 20, oder 17 auf 17 Centimeter besitzt. Zum Macadam wird hauptsächlich der Mühlkalkstein aus der Gegend von Mongeron von compacter, nicht poröser oder glasiger Beschaffenheit und in solcher Größe verwendet, daß sie durch einen 6 Centim. weiten Ring gehen, durch einen 2 Centim. weiten Ring aber nicht hindurchzuschieben sind. Die Herstellung dieses Steinschlags mit Brechmaschinen ist ohne Erfolg versucht worden, weil 1 Cubikmeter bei Handarbeit 88, bei Maschinenarbeit aber nur 78 Proc. brauchbares Material, dagegen bei Handarbeit blos $16^2/_3$, bei Maschinenarbeit aber $18^1/_2$ Proc. Abfall gab. Die Profile der Straßen sind bestimmt vorgeschrieben, gepflasterte erhalten $^1/_{50}$ der Breite zur Wölbung, macadamisirte blos $^1/_{100}$; als vortheilhaftestes Längengefälle sieht man 2 bis 3 Proc. an. Bei Pflasterung giebt man eine 15 bis 30 Centim. starke Sandbettung, setzt die Steinreihen quer über die Straße, benutzt zum Festrammen zunächst Handrammen von 17 Kilogr. Gewicht und zum Nachrammen solche bis zu 45 Kilogr.

Schwere, überschüttet nachher die Straßen noch 2 bis 5 Centim. stark mit Sand und läßt diesen 1 bis 2 Wochen liegen. Für Macadam giebt man eine 15 Centim. starke Kiesbettung und darauf eine ebenso starke Schüttung von Steinschlug, breitet Letzteren gehörig aus, giebt eine schwache Lage Sand darüber, gießt reichlich mit Wasser und geht dann 30 bis 50 Mal mit einer 8 bis 9 Tonnen schweren Walze darüber, bis ein unter die Walze gelegter Stein ohne einzudringen zermalmt wird. Man bezahlt pro Quadratmeter zu walzen 30 Centimes. Vorzüglicher ist noch das Walzen mit der Dampfwalze von Ballaison, welche in 3 verschiedenen Größen von 17,8 bis 22,7 Tonnen Gewicht gebaut werden. Wenn diese im Accord arbeiten, so wird nach Kilometertonnen verdungen, indem der von der Dampfwalze auf der zu walzenden Straße zurückgelegte Weg mit dem Gewichte der Walze multiplicirt wird, und es hat sich herausgestellt, daß zum Fertigwalzen 4 bis 5 Kilometertonnen erforderlich sind. Bei Reparaturen an macadamisirten Straßen verfolgt man jetzt das Princip, die Straßen bis zu einem gewissen Grade abzunutzen und dann 8 bis 10 Centim. stark ganz neu zu beschütten, wobei der Detritus der Straße selbst als Sand benutzt wird, nachdem er in den Rinnsteinen ausgewaschen worden ist. Diese Straßen werden besonders lästig durch Koth, indem der bei langer Trockenheit in Folge der Sprengungen zu einer den Kehrvorrichtungen widerstehenden harten Kruste gewordene Staub bei plötzlichem Regen eine außerordentliche Menge Koth liefert (im Jahre 1865 wurden 82125 Cubikmeter Straßenkoth weggeräumt, wozu täglich 56 Gespanne in Gang waren), welcher in den Rinnsteinen ausgewaschen wird, um die Straßenschleusen nicht zu sehr zu verschlämmen. Bei den gepflasterten Straßen erfolgt die Reinigung durch 550 angestellte Cantonniers und ca. 1000 Hilfsarbeiter im Sommer in den Morgenstunden von 3 bis 6, im Winter von 4 bis 7, während zur Abfuhr des Kothes in den darauf folgenden 2 Stunden 280 Gespanne thätig sind. Seit 1865 wird auch eine Kehrmaschine verwendet, bestehend aus einer 2 Meter langen, mit Piazzavaborsten schraubenförmig besetzten schrägen Walze, welche durch einen zweirädrigen Karren gezogen und mittelst Kettenvorgelege gedreht wird. Sie kehrt und schiebt den Koth auf die eine Seite, von wo ihn eine zweite derartige Maschine wieder um ein Stück weiter und zuletzt bis in den Rinnstein schafft. Während die Leistung eines Arbeiters auf Macadam 300 bis 600, auf Pflaster 500 bis 700 Quadratmeter pro Stunde beträgt, leistet die Tailfer'sche Kehrmaschine durchschnittlich 10 mal so viel, arbeitet also viel rascher, wenn auch vielleicht nicht billiger. Zum Besprengen der Straßen dienten früher 12 Liter fassende, zum Besprengen von 20 Qu.-Meter Fläche hinreichende Gießkannen aus Zinkblech, welche ein Arbeiter durchschnittlich 16 Mal pro Stunde füllt und leert; da aber 3 Mill. Quadratmeter Fläche täglich zu besprengen sind, so hat man fahrbare Sprengtonnen eingerichtet, welche 1000 Liter fassen, zum Besprengen von 2400 Qu.-Meter ausreichen und täglich 30 mal gefüllt und entleert werden. Noch rascher geschieht aber diese Arbeit mittelst beweglicher, an die Wasserleitungsröhren anzuschraubender, unter sich durch Ledercharniere verbundener Röhren mit Brause, deren 5 zusammen ein ca. 13 Meter langes, auf Rädern laufendes Rohr von 4,1 Centim. Weite bilden. Hiermit kann ein Arbeiter 2000 Qu.-Meter Fläche in 35 Minuten besprengen, incl. allen Aufenthaltes, und es belaufen sich die Kosten dieser Sprengung etwa halb so hoch, als bei den Sprengtonnen. Am angenehmsten für den Verkehr sind die asphaltirten Straßen, weil sie frei von Koth und Staub, leicht zu befahren, leicht und schnell zu repariren und nicht theurer als gute gepflasterte Straßen sind. Man verwendet in Paris zu ihrer Herstellung einen bituminösen Kalkstein aus dem Val de Travers, von Seissel und aus der Auvergne an, welcher 7 bis 12 Proc. Bitumen hält. Derselbe wird in Stücke von 6 bis 10 Centim. zerbrochen, im geschlossenen Cylinder auf 130 bis 140° C. erwärmt, wobei er in ein leicht zusammenbackendes Pulver zerfällt, und hierauf in einer 6 bis 7 Centim. dicken Lage auf eine vorher bereitete, gut ausgetrocknete, 10 Centim. starke Unterlage von Kalkbeton ausgebreitet und mittelst angewärmter Handrammen oder heißer gußeiserner Walzen bis auf 4 bis 5 Centimeter Stärke comprimirt, worauf die Straße nach dem Abkühlen sogleich dem Verkehre übergeben werden kann. Diese Arbeiten können aber bei kaltem oder nassem Wetter nicht ausgeführt werden, auch werden die asphaltirten Straßen durch Gasausströmungen ganz verdorben.

Aßmann, zur Canalisationsfrage. — Bei der 42. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Dresden sind über obige Frage folgende Principien allgemein anerkannt worden. 1. Die Gesundheit der Städte verlangt eine vollständige und schleunige Entfernung des flüssigen Unrathes, sowie die Tieferlegung des Grundwassers bis unter den Kellerboden der Häuser. Deshalb sind die Häuser reichlich mit reinem, frischem Wasser zu versorgen, alle Arten von Gruben zu verbieten, gespülte und ventilirte, keine bösen Dünste aussendende und die Keller trocken legende Schleusensysteme herzustellen. Besonders ist jede Aufspeicherung der menschlichen Excremente zu verbieten und für deren gehörige Verdünnung und schleunigste Entfernung zu sorgen. Die Ergießung der Schleusenflüssigkeit großer Städte in Flüsse ist unzulässig, deren Verwendung zur Berieselung aber empfehlenswerth.

Franzius, über Mörtelmaschinen. — Die besten Mörtelmaschinen sind diejenigen mit liegenden oder stehenden Cylindern.

Hagen, Dampfkolben für Locomotiven. — In der 55 Millim. breiten Umfangsfläche sind zwei Nuthen angebracht, in welche zwei aus zwei Hälften bestehende, durch innere Federn nach außen gedrückte Ringe von ganz weichem Messing liegen.

Gropius, die Provinzialirrenanstalt zu Neustadt-Eberswalde. — Beschreibung dieser großartigen, auf 400 Kranke eingerichteten Anstalt, mit 6 Tafeln.

Kubale, eiserner Krahn für Schiffskessel und Untermasten mit 1200 Ctr. Tragfähigkeit. — Ein dreibeiniger Krahn, dessen Hinterstütze am untern Ende die Mutter zu einer 12,5 Meter langen, 21 Ctr. starken horizontalen Schraube trägt, deren Drehung durch eine 10 pferdige Dampfmaschine mit Frictionskuppelung bewirkt wird. Gewicht 150000 Pfund. Kosten 14000 Thlr.

Wilke, die Strigisthalüberbrückung in der Freiberg-Chemnitzer Eisenbahn. — Der ausführlich beschriebene steinerne Viaduct über die Strigis bei Wegefahrt besteht aus einem Widerlager, welches einen 4,53 Meter starken Landpfeiler, zwei Bögen von 5,66 Meter Spannweite mit 2,26 Meter starken Zwischenpfeilern und einen 5,66 Meter

starken Gruppenpfeiler umfaßt, dann drei 17,0 Meter weiten Bögen mit 3,96 Meter starken Zwischenpfeilern, hierauf vier 22,67 Meter weiten Bögen mit 4,53 Meter starken Pfeilern zwischen 6,8 Meter starken Gruppenpfeilern, ferner sechs 17,0 Meter weit gespannten Bögen mit 3,96 Meter starken Zwischen- und einem 5,66 Meter starken Gruppenpfeiler in der Mitte, endlich dem aus einem 5,66 Meter starken Gruppenpfeiler, zwei 5,66 Meter weiten Bögen mit 2,26 Meter starken Zwischenpfeilern und einem 5,89 Meter starken Landpfeiler zusammengesetzten anderen Widerlager. Die Bögen sind sämmtlich sogenannte überhöhte Bögen aus 3 Radien mit 2,83 Meter Ueberhöhung für die weiteren und 1,70 Meter Ueberhöhung für die engeren Bögen. Die größte Höhe der Brücke über der Bachsohle beträgt 41,86 Meter oder von der Gründungssohle aus gerechnet 44,46 Meter. Die Pfeiler sind aus Bruchsteinen von Gneis mit Binderschichten von Sandstein aufgeführt und die Zahl und Vertheilung der Letzteren so bemessen, daß eine möglichst gleichförmige Vertheilung des Druckes erzielt wird. Die Pfeilerstärken bieten 18- bis 20-fache Sicherheit gegen das Zerdrücken; der Scheiteldruck im Bogen beträgt 12,5 bis 13,2 Pfund pro Qu.-Centimeter. Weitere Angaben über Baudisposition, Hilfsmaschinen, verwendete Materialmassen, sowie ein Verzeichniß der größeren sächsischen Eisenbahnbrücken schließen diese interessante Mittheilung.

Festigkeitsversuche mit verschiedenen Beton- und Mauersteinwürfeln. — Diese Versuchsreihe giebt sehr schätzenswerthe Data über die Bindekraft von Cementen unter Wasser und die Erhärtung von Betonmassen. Unter verschiedenen Arten der Aufbewahrung und der Zusammensetzung des Mörtels hielten z. B. Betonwürfel 100 bis 1090 Pfd. Druck pro Quadratzoll rhein. aus, ehe sich die ersten Risse zeigten.

Rziha, über Entwässerung des Tunnelmauerwerkes. — Erwägt man, daß das durch die Fugen des Mauerwerkes sickernde Wasser den Mörtel ausspült, auf das Steinmaterial, besonders Ziegel, lösend einwirkt, im Winter durch Eisbildung zum Zerspringen der Steine und zur Ablösung von Schalen Ursache wird, endlich durch Befeuchtung der Schienen für den Betrieb nachtheilig wirkt, so erkennt man, von welcher Wichtigkeit eine gute Entwässerung ist. Von den zu diesem Zwecke versuchten Mitteln hat sich Wachstuch und wasserdichte Leinwand nicht bewährt, weil beim Auflegen derselben und sonst das Zerreißen derselben nicht zu vermeiden ist, asphaltirter Filz und Dachpappe deswegen nicht, weil sie durch vorstehende Steine und den Gebirgsdruck sehr leicht zerrissen werden, Cementabdeckungen und Asphaltirungen ebenso wenig, weil die Hinterpackung sehr leicht die Consistenz zerstört, beim Ausrüsten Risse entstehen und die Asphaltarbeit die Luft sehr verdirbt. Das Treiben eines Stollns über dem fertigen Gewölbe gestattet zwar die Herstellung einer guten Cement- oder Asphaltdecke, ist aber zu kostspielig, die Herstellung von Stölln seitwärts vom Tunnel zur Abfangung des Wassers kann nur in gewissen Fällen von Nutzen sein, ebenso wie das Auffahren eines parallelen Tunnels zur Entwässerung des Gebirges, die Ausführung des Gewölbes mit Cementmörtel wird nur bei mäßigem Wasserzudrange von Nutzen sein, ebenso die Ausführung der Hintermauerung in Cementmörtel; eine trockene Vermauerung des Zwischenraumes nützt noch weniger, weil der Gebirgsdruck die gebildeten Sickercanäle bald wieder zuschiebt. Der Herr Verfasser empfiehlt daher die Entwässerung mittelst Drainröhren, wie er sie am Ippenser Tunnel mit Erfolg angewandt hat. Hierzu legt man rings um das Gewölbe bis zum Fuße desselben ein Netz von Drainröhren mit sorgfältigen Verbänden in ausgesparten, mit grobem Kies gefüllten Rinnen in horizontalen Abständen von 6 bis 18 Fuß und führt die unteren Enden der Hauptstränge durch das Mauerwerk hindurch nach Sickercanälen, welche unter der Tunnelsohle angebracht werden. Die Kosten sind bei 6 Fuß Entfernung der Stränge pro 100 Qu.-Fuß entwässerte Fläche zu 43,4 Sgr., bei 12 Fuß Entfernung halb so groß zu veranschlagen.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. XXI. Jahrgang, 1869, Heft 1—4.

Becker, Reparatur der Rauchröhren der Locomotiven. — Bei der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn sind fast ausschließlich gezogene, 52 Millim. weite (äußerlich), 3 Millim. starke, 3,163 Kilogr. pro lauf. Meter wiegende Messingröhren aus einer Legirung von 60 Th. Kupfer und 40 Th. Zink in Gebrauch, welche auf der Seite der Feuerbox mittelst eines aufgelötheten, 4 Millim. starken Stutzens von Kupferblech und Umbörtelung, auf der Rauchboxseite blos durch Umbörteln befestigt sind. Sie müssen wegen des schlechten Wassers aller 2 Jahre ausgezogen und gereinigt werden, was bei einem Maschinenbestand von 236 Stück die Anlage einer besonderen Reparaturwerkstätte hervorgerufen hat, deren Beschreibung hier mitgetheilt ist. An den ausgezogenen Röhren wird zunächst mittelst einer Kreissäge das beschädigte Ende abgeschnitten, dann werden sie zur Auflösung des Kesselsteines in verdünnte Salzsäure vom spec. Gewicht 1,074 eingelegt und 36 Stunden darin liegen gelassen, mit einem Wische abgerieben, zweimal mit Wasser gespült und in einem Ofen scharf getrocknet; hierauf classificirt man sie dem Gewichte nach in Rohre von mehr als 2,77, in solche von 2,45 bis 2,77 und in solche von weniger als 2,45 Kilogr. Gewicht pro laufenden Meter, staucht die Enden, an welche der Verlängerung wegen Messingstutzen anzulöthen sind, in conischen Stauchringen, schiebt die entsprechend ausgetrichterten und mit einer flachconischen Erweiterung zur Aufnahme des Lothes versehenen Stutzen von unten an und löthet in einem mit Cokes geheizten Ofen die Rohre stehend, worauf der erwähnte flachconische Rand auf der Fraisbank abgestochen wird. Hierauf werden die Rauchröhren auf inneren, die verdächtigen außerdem auch noch auf einen äußeren Druck von 20 Atmosphären probirt, das Abschneiden auf die richtige Länge aber erst beim Einziehen in den Kessel vorgenommen. Die Messingstutzen fertigt man aus neuen Rauchröhren durch Zerschneiden und Umbörteln, die Kupferstutzen aus Blech mittelst Löthen.

Ganguillet & Kutter, Formel für die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. — Nach einer flüchtigen historischen Uebersicht über die Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen werden die neueren Formeln von Bazin, welche eine Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Beschaffenheit des Bettes einführen, sowie diejenige von Humphreys- und Abbot, welche der Reibung an der Oberfläche und dem Gefälle einen besonderen Einfluß beimißt, specieller beleuchtet. Vergleicht man diese Formeln mit der zeither üblichen Formel, wonach $v = c\sqrt{RJ}$ angenommen wurde, wo

c eine Constante,

R den sogenannten mittleren Radius $= \frac{\text{benetzter Umfang}}{\text{Querschnitt}}$,

J den Abhang oder das Gefälle pro laufendes Meter

bedeutet, so unterscheiden sie sich dadurch, daß der Coefficient c nicht constant, sondern nach Bazin

$$c = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$ zu nehmen ist, wo

α und β zwei von der Rauhigkeit der Wände abhängige Coefficienten bedeutet,

nach der abgekürzten Humphreys-Abbot'schen Formel aber

$$c = \frac{k}{\sqrt[4]{J}}$$ zu setzen ist, wenn mit

k ein nahezu constanter, aber eigentlich von R abhängiger Coefficient bezeichnet wird.

Die aus den Versuchen am Mississippi abgeleitete amerikanische Formel scheint nur für große Ströme zu passen und die Herren Verfasser sind daher der Ansicht, daß die wahre Formel der Bazin'schen ähnlich sein müsse, untersuchen aber, ob der Coefficient c nicht so geformt werden könne, daß diese Formel auch die Humphreys-Abbot'schen Versuche gut wiedergebe, und daß darin blos ein variabler, von der Rauhigkeit der Wand abhängiger Coefficient auftrete. Anstatt der Bazin'schen Coefficienten $c = \sqrt{\frac{a}{1 + \frac{b}{R}}}$ werden noch die Formeln $c = \frac{a_1}{1 + \frac{b_1}{\sqrt{R}}}$ und $c = \frac{a_2}{1 + \frac{b_2}{R}}$ an der 2., 6., 17., 24., 26., 32. und 33. Versuchsreihe von Bazin geprüft, und weil die Differenzensummen bei der 1. Form am geringsten ausfallen, so wird diese Form als die beste beibehalten (Unseres Bedünkens zeigt aber die graphische Darstellung der Versuche, daß keiner der drei Ausdrücke genügend passend ist). Hierauf suchen die Herren Verfasser eine Relation zwischen den Werthen von a_1 und b_1 auf und finden, daß sich allgemein setzen läßt: $c = \frac{a + \frac{l}{n}}{1 + \frac{a n}{\sqrt{R}}}$, wenn a und l constante Werthe, n aber ein mit der Rauhheit des Umfanges variirender Coefficient ist. Der Coefficient c ist aber auch noch vom Gefälle abhängig und zwar nimmt derselbe nach den Messungen im Mississippi mit abnehmenden Gefällen zu, während er nach den meisten Bazin'schen Versuchen mit zunehmendem Gefälle zunimmt; es wird dieserhalb dem Coefficienten c die Form: $c = \frac{a + \frac{l}{n} + \frac{m}{J}}{1 + \left(a + \frac{m}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$ beigelegt und ermittelt, welche Werthe die Coefficienten a, l, m, n erhalten müssen. Diese Werthe sind: l = 1, a = 23, m = 0,00155, n = 0,009 bis 0,040, nämlich für Wände aus sorgfältig gehobeltem Holze oder glatter Cementbekleidung n = 0,01, für solche aus Brettern n = 0,012, für behauene Quader oder gut gefügte Backsteine n = 0,013, für Bruchstein n = 0,017, für Erde n = 0,025, für grobe Geschiebe und Wasserpflanzen n = 0,030. Am Schlusse der Abhandlung folgt eine Zusammenstellung über die bei einer großen Anzahl von Versuchen von Bazin, Kutter, Strauß, Legler, Dubuat, Grebenau, Humphreys und Abbot, Ellet, Brünings, Schwarz, Poirée, Emmery, Leveillé u. s. w. wirklich beobachteten Geschwindigkeiten mit den nach den Formeln von Humphreys-Abbot, von Bazin und von Ganguillet-Kutter sich berechnenden Geschwindigkeiten, welche für die Brauchbarkeit der letztgenannten Formel spricht, sowie verschiedene Tabellen, welche die Rechnungen mit dieser complicirten Formel erleichtern sollen.

Morstadt, die Controlpumpe für Manometer von Seyß. — Bei dieser bis zu 40 Atmosphären zu benutzenden Pumpe wird Oel als Flüssigkeit und Gewichtsbelastung zum Messen des Druckes verwendet. In dem messingenen Cylinder bewegt sich ein massiver, auf 8 Centim. Höhe genau eingeschliffener Kolben, welcher durchbohrt ist und einem zweiten Kolben von halb so großem Durchmesser selbst wieder als Cylinder dient. Belastet das aus 10 einzelnen Scheiben bestehende Gewicht den äußeren Kolben, so beträgt der Druck 10 Atmosphären, ruht es aber auf dem inneren Kolben, so ist der Druck viermal so groß.

Trauzl, das Dynamit. — Das gewöhnliche Schießpulver ist schwer gleichförmig herzustellen, sodaß seine Entzündungstemperatur zwischen 340 und 800° C. schwankt, und seine Fabrikation, Aufbewahrung und Verwendung ist sehr gefährlich, besonders da die Kohle selbstentzündlich ist. Ueberdies verliert das Schwarzpulver an Sprengkraft bei längerer Aufbewahrung, genügt nicht mehr den daran zu stellenden Ansprüchen, ist schwierig unter Wasser zu verwenden und erzeugt bei der Verbrennung schädliche Gase. Daher sind in neuerer Zeit verschiedene explosive Nitroverbindungen aufgetaucht, welche ihm Concurrenz machen, und zwar die im Jahre 1846 von Schönbein entdeckte Schießbaumwolle, das ein Jahr später von Sobrero aufgefundene Nitroglycerin, dessen praktische Verwendung erst 1864 durch Nobel gezeigt wurde, und das seit 1867 von Nobel in den Handel gebrachte Dynamit, welches mit dem Nitroglycerin fast gleiche Sprengkraft besitzt, aber für Transport und Verwendung minder gefährlich ist. Das Nitroglycerin entsteht durch Einwirkung concentrirter Salpetersäure (NO_5) auf Glycerin ($C_6 H_8 O_6$), wobei folgender chemischer Vorgang stattfindet:

$$C_6 H_8 O_6 + 3\,(NO_5) = C_6 H_5 O_3\,(NO_5) + 3\,HO$$
$$= \text{Nitroglycerin} \quad + 3 \text{ Wasser}.$$

Hierbei muß die Salpetersäure höchst concentrirt sein und daher wird bei continuirlicher Fabrikation zur Beseitigung des frei werdenden Wassers Schwefelsäure beigegeben. Bei der Fabrikation muß der Entstehung höherer Temperaturen vorgebeugt und das Fabrikat nachher sehr gut ausgewaschen werden. Dynamit ist mit Nitroglycerin getränkte poröse Kieselerde. Die hierzu verwendete Kieselguhr von Oberlohe in Hannover saugt begierig das Nitroglycerin auf und das Dynamit ist daher minder gefährlich als Letzteres, weil ein fester Körper leichter gegen Stoß u. dergl. zu schützen ist, als eine leicht aussickernde Flüssigkeit, und weil die Verschieblichkeit der Sandtheilchen äußere Stöße abschwächt. Das Nitroglycerin läßt sich allerdings für den Transport ungefährlich machen, wenn es mit 15 bis 20 Proc. Holzgeist (Methyl-

[illegible] werden [illegible] Sprengung [illegible] in der [illegible] von [illegible] durch [illegible] und [illegible] Dynamit [illegible] in [illegible] Säcken [illegible] Sprengpatronen [illegible] Kisten [illegible] Dynamit [illegible] Sprengpulver [illegible] Dynamit [illegible] Patronen [illegible] Zündhütchen [illegible] Zündschnur [illegible] Zündhütchen [illegible] Sprengung [illegible] die [illegible] Zündschnur [illegible] derselben in den Dynamitpatronen steckt, damit nicht schon vor der Explosion eine Entzündung und unvollständige Verbrennung eintreten kann, welche sehr schädliche Gase entwickeln würde. Die Patronen haben 2 bis 2,6 Centim. Durchmesser und 2,6 bis 21 Centim. Länge für Bohrlöcher in der Grube, 5 bis 6 Centim. Durchmesser für Steinbrüche, und sind aus dünnem Pergamentpapier gefertigt. Man schiebt diese Patronen mit einem hölzernen Ladestock sich in das Bohrloch und zwar so viele übereinander, als man zu bedürfen glaubt, und versieht nur die oberste (natürlich nur lose einzudrückende) Patrone mit dem Zündhütchen. Sind die Bohrlöcher voll Wasser, so nimmt man bloß eine gut verklebte und gegen das Eindringen des Wassers geschützte Patrone, braucht aber das Wasser nicht auszuräumen und kann auch Wasser als Besatz anwenden. Da das Nitroglycerin giftig ist und leicht die organischen Gewebe durchdringt, so ist nicht nur die Berührung der inneren Theile, sondern auch diejenige der Hände mit Sprengöl wohl zu vermeiden. Die Explosionsgase äußern, wie es scheint, auf verschiedene Constitutionen verschiedene Wirkungen, jedenfalls ist jede unvollständige Zündung und Ueberladung zu vermeiden, damit nicht Kohlenoxyde, Stickoxydul u. dergl. gebildet werden. Was die Wirkungen anlangt, so haben die vom preußischen Gardepionirbataillon ausgeführten Versuche gezeigt, daß gegen Palissaden 5 Pfund Dynamit in leichtem Einschlusse soviel wie 50 Pfd. Pulver, gegen Vertheidigungspalissadirungen 6 Pfd. Dynamit mehr als die zehnfache Pulvermenge in festem Holzkasten leisten. Beim Ortsbetrieb gestattet die Anwendung des Dynamits zunächst den Vortheil, daß behufs des Einbruches die Löcher nicht in geneigter Richtung angesetzt zu werden brauchen, sondern in nahezu horizontaler Richtung und viel tiefer geschlagen werden dürfen, daß überhaupt tiefere Löcher und stärkeres Vorgeben zulässig sind. Die Auffahrung kann in gleicher Zeit doppelt so groß werden bei 25 Proc. Kostenersparniß. Ist die Festigkeit des Gesteins groß, so sind minder tiefe, aber weitere Löcher vorzuziehen. Die Ladung ist $1/4$ bis $1/3$ der Bohrlochstiefe zu [illegible] 0,50 bis 0,65 Meter [illegible], bei 1,6 Meter [illegible] 33 Millim. weite Löcher [illegible] Bohrarbeit [illegible] Schachtabteufen hat [illegible] 4 bis 5 Centim. [illegible] 1 Pfd. Dynamit besetzt, [illegible] aufgefahren [illegible] erspart [illegible] bei Nitroglycerin [illegible] gewöhnliches Sprengpulver [illegible] größere Blöcke als bei [illegible] zum Spalten [illegible] und in [illegible] Man kann übrigens feste [illegible], daß man eine Papier[illegible] mit einigen Hand[illegible] Größere Eisenschalen von [illegible] Bohrlöcher mit $1/6$ bis $1/5$ Pfd. [illegible] zertheilt worden. [illegible] in der Donau bei [illegible], daß man in die [illegible] eingoß und die [illegible] vorsichtig [illegible] auf die Sohle des Bohrloches [illegible]. Das Dynamit muß gegen Wasser geschützt werden, [illegible] auf der Oder bei Oppeln [illegible] 15 Minuten unter Wasser [illegible]. Schießbaumwolle ist theurer und [illegible], als Dynamit, kann unter Wasser nicht [illegible] im Bohrloche nahezu doppelt [illegible] als Dynamit.

Dittrich, Popper's Antiincrustator. — Wie der [illegible] Popper's Antiincrustator [illegible] in den Dampfkesseln [illegible], welche die pulverförmigen Niederschläge [illegible] im Wasser führen und ihre [illegible] hindern. Die halbcylindrischen [illegible] angebracht (in 33 bis 66 Millim. [illegible] und in Abständen von 0,63 Meter [illegible] bis in die Kesselaxe reichenden [illegible] 132 Millim. [illegible] Röhren versehen, durch welche das Wasser [illegible] mit dem darunter befindlichen Wasser [illegible]. Der Boden der Mulden wird [illegible] den Niederschlag auf. Neben der [illegible] des Kessels zeigt sich der Apparat auch durch Zeitersparniß beim Anheizen und Bildung minder nassen Dampfes vortheilhaft.

Geidnichel, unregelmäßige Weichen. — Lösung einiger Aufgaben über die Verwendung vorräthiger Herzstücke unter Bedingungen, für die sie ursprünglich nicht bestimmt waren.

Feldbacher, verbesserter Dampfkessel. — Statt der gewöhnlichen Schmiedeeisen- oder Stahlbleche sollen mit Kupfer überzogene Bleche verwendet werden, damit das Wasser minder zerstörend wirken kann.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 6.

Literatur.

A Manual of Machinery and Millwork by William John Macquorn Rankine, civil engineer, L. L. D. Trin. coll. Dub., F. R. S. S. Lond. and Edin., F. R. S. S. A., regius professor of Civil Engineering and Mechanics in the university of Glasgow, associate member of council of the institution of naval architects etc. etc. With numerous Diagrams. First Edition. London: Charles Griffin and Company, Stationers Hall Court. 1869.

Die hier vorliegende Constructionslehre des ausgezeichnetsten englischen Theoretikers im Gebiete des Ingenieurwesens und der Mechanik verdient jedenfalls auch in unserem Blatte eine Besprechung, ob es uns Deutschen gleich an guten und unseren Anforderungen besser entsprechenden Werken dieser Gattung keineswegs fehlt. Sie ist in 3 Theile getheilt, von denen der erste die Geometrie der Maschinenlehre, der zweite die Dynamik der Maschinenlehre und der dritte die Lehre von den Materialien, der Festigkeit und der Construction der Maschinen überschrieben ist. Der erste Theil bringt zunächst einen Abriß der descriptiven Geometrie, handelt dann von der Bewegung der Hauptelemente der Maschinen (solche, welche in Zusammenhang stehen mit dem Gestell) und von derjenigen der secundären Maschinentheile (wie Lenkerstangen), beschäftigt sich hierauf im vierten Capitel ausführlich mit den elementaren Combinationen von Mechanismen, worunter paarweise ineinandergreifende Maschinenelemente verstanden werden, z. B. Zahnräder, Riementriebe, Cylinder und Kolben u. s. w., im fünften Capitel kürzer mit den mehrfachen Combinationen, bei denen mehrere treibende Elemente ein getriebenes in Bewegung setzen, z. B. Differentialflaschenzüge, Sonnen- und Planetenrad, Parallelführungen u. s. w., und schließt im sechsten Capitel mit den Mechanismen zur beliebigen Aenderung der Bewegung, wie Ein- und Ausrückungen, Schiebersteuerungen u. s. w. In diesem Theile des Rankine'schen Werkes werden vielfach graphische Constructionen benutzt und mancherlei neue Lösungen vorgetragen, z. B. bei den Zahnconstructionen, Schraubenrädern, Geradführungen u. s. w. Der zweite Theil beschäftigt sich mit den Maschinen, insofern sie Aenderungen der Kräfte und ihrer Intensität herbeiführen, giebt daher im ersten Capitel einen Abriß der Dynamik, handelt im zweiten von der Arbeit und den Dynamometern, im dritten von den hemmenden und regulirenden Apparaten, und im vierten Capitel von den Widerständen bei einfachen, zusammengesetzten Mechanismen und ganzen Transmissionen. Im dritten Theile handelt das erste Capitel von den Maschinenbaumaterialien, das zweite giebt einen Abriß der Festigkeitslehre, wozu das dritte Capitel einige besonders im Maschinenbau zu berücksichtigende Principien nachträgt, und im vierten Capitel wird eine Theorie der schneidenden Instrumente gegeben. Dieser dritte Theil enthält keineswegs blos die alten, oft gehörten Constructionsregeln, sondern die hier mitgetheilten Sicherheitscoefficienten sind aus Beobachtungen an gut ausgeführten Maschinen abgeleitet und manche Probleme gelöst, die zeither noch keine Beachtung und Lösung gefunden hatten. Vorstehende Inhaltsübersicht zeigt, daß Rankine's manual of machinery and millwork, wie die früheren Werke dieses ausgezeichneten Gelehrten, sehr des Studiums werth ist.

Les projets de Chemins de Fer par les Alpes helvétiques. Enquête technique et commerciale, ordonnée par le Gouvernement Italien. Traduction française publiée par le Comité du Saint-Gothard. Zurich. Imprimerie de David Burkel. 1869.

In einem Moment, wo die Alpenbahnfrage alle Eisenbahntechniker und Gesellschaften lebhaft interessirt, muß diese gründliche Darlegung aller darüber angestellten Erörterungen höchst willkommen sein. Wer sich in dieser schwierigen Frage ein richtiges Urtheil bilden will, muß dieselbe studiren und er wird dann dem Fleiße, der Unparteilichkeit und der Umsicht Gerechtigkeit widerfahren lassen, womit die vom königl. Italienischen Ministerium für öffentliche Arbeiten niedergesetzte Commission ihre Aufgabe gelöst hat. Vorliegendes elegant ausgestattete Werk enthält die vom Minister der öffentlichen Arbeiten, Jacini, dem italienischen Parlament gemachte Vorlage und den bezüglichen Gesetzentwurf, sowie ein Resumé der Arbeiten der aus den Herren Negretti, Oberty, Mella, Alby, Biglia und Ferrucci bestehenden Commission nebst verschiedenen ergänzenden Berichten, z. B. von Negretti, über die Mittel zur Ersteigung steiler Rampen, von Daigremont, über das pneumatische System, von Biglia, über die Fell'sche Mont-Cenis-Eisenbahn, von Grattoni, über die Herstellung des großen Tunnels, von Rambaux und de Vincenzi, über die commercielle Seite der Frage u. s. w.

Die Straßen- und Eisenbahn-Curve. Formeln und Tabellen zum Behuf des Bogenaussteckens nach einer schnellen, in allen Fällen, namentlich im coupirten Terrain und bei Gebirgsbahnen praktisch anzuwendenden Methode. Von Moritz Morawitz, Eisenbahn-Inspector

Zweite Auflage. Wien, Pest, Leipzig. A. Hartleben's Verlag. 1869.

Die hier dargestellte Methode des Curvenabsteckens ist sehr einfach, wenig zeitraubend und überall anwendbar, bietet auch bei guten Instrumenten die erforderliche Genauigkeit. Die Tabellen sind für jedes Maaß giltig und gestatten die Angabe beliebiger Curvenpunkte, so daß man nicht genöthigt ist, gleiche Distancen inne zu halten. Demgemäß glauben wir dieses Schriftchen der allgemeineren Beachtung empfehlen zu sollen.

Mittheilungen der Königl. Sächs. Polytechnischen Schule zu Dresden. Heft 2. Versuche über den Kraftbedarf der Maschinen in der Flachs- und Wergspinnerei, ausgeführt von Dr. Ernst Hartig, Professor der mechan. Technologie an der Königl. polytechn. Schule zu Dresden, unter Mitwirkung der Polytechniker F. H. Becker, E. E. Freiberg, W. C. Merkel, Heinrich und Herrmann Jugendfeind-Hülsse, E. H. Racke und P. Püschel. Mit 1 Holzschnitt und 13 lithographirten Tafeln. Leipzig. Druck und Verlag von B. G. Teubner. 1869.

Wenn die Mittheilungen der Kön. Sächs. polytechnischen Schule zu Dresden seit längerer Zeit geruht haben, so erhalten sie durch obiges Werk eine um so erfreulichere und nützlichere Fortsetzung. Die darin beschriebenen Versuche wurden in den mechanischen Flachsspinnereien zu Freiberg und zu Bünauburg bei Bodenbach abgeführt und liefern wohl die ersten zuverlässigen Angaben über den zum Betrieb der Maschinen in der Flachs- und Wergspinnerei erforderlichen Kraftbedarf. Außerdem giebt das Hartig'sche Werk aber auch die Beschreibung und Zeichnung dieser Maschinen, ihre Leistung, ihren Raumbedarf u. s. w. an und das darin beschriebene Verfahren muß als Muster für ähnliche Versuche empfohlen werden. Sehr interessant sind endlich die Angaben über die Versuche, den Indicator zur Messung der Betriebskräfte zu verwenden, und über die dabei gemachten (nicht eben günstigen) Erfahrungen.

Ergänzungsheft zu dem „Compendium der Gasfeuerung in ihrer Anwendung auf die Hüttenindustrie." Für Fabrikanten, Ingenieure und Hüttenleute. Von Ferdinand Steinmann, Civilingenieur in Dresden. Mit 1 lithographirten Tafel. Freiberg, 1869. J. G. Engelhardt'sche Buchhandlung (M. Isensee).

Es ist eine nachahmenswerthe Idee, welcher vorliegendes Heft seine Entstehung verdankt; technische Werke veralten sehr bald, können aber durch derartige Ergänzungshefte leicht wieder auf den neuesten Standpunkt gebracht werden. Die hier mitgetheilten Verbesserungen beziehen sich bezüglich des allgemeinen Theiles auf die Generatoren und Wechselklappen, bezüglich des speciellen Theiles auf Neuerungen in der Glasfabrikation, Eisen- und Stahlfabrikation (besonders das Martin'sche Verfahren) und in der Zinkdestillation. Der Herr Verfasser wird wohlthun, seiner Zeit wieder ein derartiges Ergänzungsheft herauszugeben, da die Besitzer des Hauptwerkes lieber diese Hefte, als eine zweite neue Auflage kaufen werden.

Die Ziele und Mittel einer gesundheitlichen und wirthschaftlichen Reinhaltung der Wohnungen, besonders der städtischen, beleuchtet von Dr. Alexander Müller, früherem Professor der Agriculturchemie zu Stockholm. Dresden. G. Schönefeld's Buchhandlung (C. A. Werner). 1869.

Soviel auch schon über die Frage der Canalisation der Städte geschrieben worden ist, so wird man doch noch sehr viel Neues in diesem Schriftchen finden, da es aus der Feder eines Mannes hervorgegangen ist, der in dieser Richtung hin umfänglichere wissenschaftliche Untersuchungen angestellt hat und darüber klar ist, daß diese Frage zur Zeit zwar keine allgemein giltige Lösung gestattet, aber der Ueberzeugung lebt, daß sich für jeden Ort und jeden bestimmten Culturgrad eine befriedigende Methode der Reinhaltung der Wohnungen angeben lasse, deren fortschreitende Verbesserung nicht ausgeschlossen ist. Ueber manche der hier näher beschriebenen Methoden ist bisher nur wenig und nur sehr Unvollkommenes veröffentlicht worden.

Die Pumpen. Eine Darstellung ihrer Theorie, Construction und Wirkungsweise. Für Maschinenfabrikanten, Ingenieure, Techniker, Brunnenbauer und Landwirthe. Von Friedrich König, Ingenieur. Mit 106 Illustrationen in Holzschnitt, ausgeführt von Gebrüder Siméon in Braunschweig. Jena, Hermann Costenoble. 1869.

Wenn wir von diesem Buche hier Notiz nehmen, so geschieht dies hauptsächlich deshalb, weil es eine reiche Sammlung von Pumpenconstructionen enthält, wie sie nicht leicht ein Ingenieur zu seinem Privatgebrauche zusammengetragen haben wird. Im Uebrigen können wir dasselbe leider nur als eine etwas flüchtige Arbeit bezeichnen, in welcher systematische Anordnung und Kritik vermißt werden, und deren Brauchbarkeit dadurch leidet, daß die beigegebenen Holzschnitte rein skizzenhaft, ja sogar oft unklar gehalten sind.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. XXI. Jahrgang, 1869, Heft 1—4. (Schluß.)

Tinter, Starke's Universal-Nivellirinstrument. — Beschreibung dieses vorzüglichen Instrumentes und Anweisung zum Gebrauch und zur Justirung desselben. Dasselbe besitzt einen Horizontalkreis von 11,85 Centim. Durchmesser, an welchem mittelst Nonius bis auf 20 Secunden abgelesen werden kann. Zur Horizontalstellung dienen zwei rechtwinklig gegeneinander gestellte Libellen. Das Fernrohr hat 13 Zoll Brennweite und gestattet bei astronomischem Ocular 26malige Vergrößerung. Der Verticalkreis gestattet dieselbe Ablesung

wie der Horizontalkreis und dient zur Distanzmessung, während zum Nivelliren die bekannte Meßschraube benutzt wird.

Benedict, Belastungsproben Schifkorn'scher Brücken. — Hierüber wird berichtet, daß eine 10 Klafter weite derartige Brücke bei Böhmisch-Leipa unter der Belastung von 2 Maschinen und 1 Tender sich in der Mitte nur um $1/_{955}$ der Länge, eine 20 Klafter weite Brücke bei Bensen unter 3000 W. Centner Last um $1/_{1050}$ der freitragenden Länge, die ebenso lange Brücke bei Theresienau, sowie die Bolzenbrücke bei Tetschen unter derselben Last um $1/_{992}$, die Elbebrücke bei Tetschen mit 28,25 Klafter Länge unter 4000 Ctr. Last um $1/_{990}$ und ein 18 Klafter weites anstoßendes Brückenfeld unter 3000 Ctr. Last um $1/_{2000}$ der freien Länge durchgebogen wurde. Die Berechnung ergiebt unter Zugrundelegung von resp. 130000 und 240000 Ctr. für die Elasticitätsmodeln des Guß- und Schmiedeeisens fast genau dieselben Durchbiegungen.

Thallmayer, graphische Quadratur des Kreises. — Weil $\frac{\pi}{4} = 0{,}8862269 = \cos\alpha^2$ gesetzt werden kann, so ist die Seite desjenigen Quadrates, welches mit dem Kreise vom Durchmesser d gleiche Fläche besitzt, $a = d \cos\alpha$. Zur Bestimmung des Winkels α dient $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}5227232 = \frac{23}{44}$; trägt man also auf dem Durchmesser des Kreises vom Mittelpunkte aus 44 Einheiten auf, errichtet man hierauf am Ende eine Verticale von 23 Einheiten Länge, so erhält man hierdurch den Winkel α, unter welchem man den Durchmesser projiciren muß, um die Seite des gleichgroßen Quadrates zu erhalten.

Feldbacher, Röhrenbolzen statt der Stehbolzen. — Vorschlag zur Ersetzung der massiven kupfernen Stehbolzen durch kurze Stücken von Rauchröhren, wodurch an Gewicht und Heizfläche gewonnen, jede Schadhaftigkeit leicht bemerkt und beseitigt, und der Kesselsteinabsatz vermindert werden soll.

v. Rittinger, über den Wassereinbruch in Wieliczka. — Sehr interessanter Bericht über dieses, durch die Zeitungen sehr übertrieben und falsch dargestellte Ereigniß und die zur Gewältigung der Wasser angeordneten Maaßregeln.

Ribar, Schneeverwehungen am Karst. — Wegen der auf dem Karstgebirge oft sehr heftig wehenden Bora ist die Karstbahn ein sehr geeignetes Terrain zu Studien über Schneeverwehungen. Aus den hier gegebenen Beobachtungen läßt sich folgern, daß Schneewände sehr gute Schutzmittel bilden, wenn ihre Hauptrichtung mit Rücksicht auf die localen Ablenkungen der Windrichtung glücklich getroffen ist, wenn sie bis über den Nullpunkt der Einschnitte verlängert und dort mit kurzen Flügeln unter 120 bis 150° Ablenkung versehen sind, wenn ihre Höhe im Minimum 4,5 Meter und ihr Abstand vom Einschnittsrande das Drei- bis Vierfache der Höhe beträgt. Für Curven müssen aber außer den Schneewänden noch buhnenartig vorspringende Flügel angewendet werden und es sind hierüber in unserer Quelle recht interessante Beispiele nachzulesen.

Felbinger, über Scott's Räderformmaschine. — Diese Maschine dient zum Einformen aller Arten von Zahnrädern ohne jedes Modell und sie besteht aus einem aufgeschraubten Ständer, um welchen sich ein geschlitzter horizontaler Arm dreht, welcher auf einem Schlitten ein blos aus zwei Zähnen bestehendes Modell trägt. Der horizontale Arm kann durch Schneckengetriebe und Wechselräder so gedreht werden, daß jeder vollen Umdrehung der Handspindel ein Vorrücken um einen Zahn der beabsichtigten Radtheilung entspricht, und der Schlitten kann auf dem horizontalen Arme genau auf den gewünschten Theilkreisdurchmesser gestellt, das darauf befindliche Modell aber in den Formkasten beliebig hinabgelassen und herausgehoben werden. Jeder fertig eingeformte Zahn dient für den nächstfolgenden wieder als Marke.

Bericht über die XV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure zu Hamburg. — Aus diesem kurzen Berichte sind als besonders interessant hervorzuheben die Beschlüsse über Honorirung der Architekten, über öffentliche Concurrenzen und über Einsetzung einer Commission zur Ausarbeitung von Normalien für secundäre Eisenbahnen.

Tinter, über Stampfer's Distanzmesser. — Vertheidigung dieses Distanzmessers gegen den Gentilli'schen Contact-Distanzmesser (vergl. S. 42 des vor. Jahrg. d. Bl.). Der Starke'sche Apparat ist mit dem Steinheil'schen Doppelocular versehen, welches in unserer Quelle abgebildet und näher beschrieben ist, und gestattet bei 200 Klaftern Distanz noch die sichere Schätzung bis auf $1/_{1000}$ Klafter, so daß der Fehler in der Distanz 0,1 Klafter oder $1/_{2000}$ der Entfernung beträgt. Für Distanzen unter 100 Klafter kann man zur Beschleunigung der Arbeit (Verminderung der Schraubenumdrehungen) geringere Lattenlängen als Basis nehmen, da die Stampfer'sche Formel den Fehler in der Distanz dD aus dem Fehler k in der Schraubenlesung und der Basislänge d folgendermaaßen ermittelt: $dD = \frac{D^2 k}{324\, d}$. Soll nun $dD = \frac{D}{2000}$, $k = 0{,}002$ sein, so findet man $d = \frac{D}{81}$, es genügt also z. B. für 20 Klafter Distanz $d = 0{,}25$ Kl.

Becker, Locomotivendetails. — Beschreibung von hohlgegossenen Kolbenkörpern zu den sogenannten schwedischen Kolben, welche sich besser halten, als die theureren schmiedeeisernen Kolbenkörper, weil die eingedrehten Ringnuthen weniger ausschlagen. Empfehlung der Kuppelstangenköpfe ohne Keile, bei denen blos eine Metallbüchse in das Auge eingesetzt und durch eine kleine Schraube darin festgehalten ist, und welche mehrere Monate dauern, ohne einer Erneuerung zu bedürfen. Für Lagerführungsbacken hat Verfasser mit Vortheil Hartguß verwendet und das häufige Brechen der gußeisernen Lagergehäuse durch eine wohl in den meisten Fällen anwendbare Verbreiterung der Führungsflanschen der Lagerbüchsen beseitigt.

Ueber die Zerstörung der Dampfkesselbleche durch Fettsäure. — Herr Teirich erläutert, daß die Fette nicht an der häufig beobachteten Corrosion der Kessel Schuld sein könnten, da die Fette jedenfalls durch die coexistirenden Alkalien verseift werden würden, daß aber die Bildung von fettsaurem Kalke in feinen, vom Wasser nicht benetzbaren Schüppchen in einzelnen Fällen denkbar sei. Herr Ruckensteiner behauptet, daß bei Ueberschuß von organischen Säuren im Speisewasser ein löcheriges Zerfressen des Kessels wohl denkbar sei, und daß in diesem Falle Einführung von Sodalauge zu empfehlen sei.

Köhlin, die Eisenbahnbrücke über den Donaucanal in Wien. — Eine Fachwerksbrücke von 79,5 Meter Spannweite mit 7,9 Meter hohen Tragwänden in 7,6 Meter Abstand voneinander. Alle gedrückten Theile der Construction sind aus vier gewalzten Quadranteisen mit Flanschen gebildete Röhren. Die Inanspruchnahme beträgt in den Gurtungen 7, in den verticalen Stützen 2 bis 5,7, in den Zugbändern und Längsträgern 6, in den Querträgern 7 Kilogr. pro Quadratmillimeter.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines zu Hannover. Jahrg. 1869, Band XV, Heft 1.

Buresch, über die Mont Cenis-Eisenbahn. — Diese den Eindruck einer vorübergehenden Anlage machende Eisenbahn beginnt bei Modane, hat 1,1 Meter Spurweite, Steigungen bis zu 1:12 und Radien bis zu 40 Meter, ist einspurig ohne massive Kunstbauten mit Benutzung der Chaussee angelegt, zeigt nur Stützmauern aus rohen Steinblöcken und viele Holzbauten, viele Galerieen zum Schutz gegen Schnee und Reif von ca. 14 Kilometer Länge, Viaducte und Tunnel von Holz mit gewelltem Blech abgedeckt, Bretterbuden statt der Stationshallen, ist 77 Kilometer lang und wird mit 16 bis 18 Tons schweren, aus durchschnittlich 3 Personenwagen, 1 Güterwagen und 2 Packwagen zusammengesetzten Zügen befahren. Die Locomotive wiegt dienstfähig $22\frac{1}{2}$ Tons und hat ein adhärirendes Gewicht von 20 Tons, während die beiden horizontalen Klemmräderpaare die Mittelschiene auch noch mit 20 Tons Druck pressen. Auf der stärksten Steigung gebraucht man 2 Stunden Zeit zur Durchfahrung von 16 Kilometer Weg und muß alle halbe Stunden Wasser einnehmen, bergab wird mit 4 bis 5 deutsche Meilen Geschwindigkeit pro Stunde gefahren, wobei in den Curven starke Erschütterungen fühlbar sind. Axbrüche und Entgleisungen waren noch nicht vorgekommen, dagegen theilweise Zerstörungen der Bahn durch Wegwaschungen. Der Bau hat $2\frac{1}{4}$ Jahre gedauert und 12 Millionen Francs gekostet. Fahrgeld 30 Francs pro Person. Die Gesellschaft muß neben der Eisenbahn auch noch den Postverkehr fortbestehen lassen, da sie den Verkehr nicht allein bewältigen kann.

Rziha, Reconstruction von Tunneln auf der Brennerbahn. — Bei mehreren hart an der Berglehne hergestellten Tunnels der Brennerbahn fanden Verschiebungen nach außen statt, weshalb Schächte bis auf die Rutschfläche niedergebracht und verstärkte Widerlager aufgeführt wurden. An andern Stellen trieb man zunächst querschlägig gegen den Tunnel ansteigende Oerter, welche über der Tunnelfirst endigten, senkte dann in einiger Entfernung vom Tunnel von diesen Strecken Schächte bis in das Niveau der Tunnelsohle nieder, mauerte diese aus, nahm dann das ganze Gestein bis zum Tunnel heraus und füllte diesen Raum ebenfalls mit Mauerung, trieb hierauf längs des Tunnels im Abstande der Schächte Parallelörter, mauerte diese wieder aus, entfernte successive auch hier das Zwischenmittel bis zum Tunnel und ersetzte es durch Mauerung, und schritt nun erst zur neuen Einwölbung des Tunnels, dessen Gewölbe dann gegen diese künstlichen Widerlagskörper geschlagen wurde. In dem Silltunnel, welcher die 110 bis 120 Cubikmeter Wasser pro Secunde führende Sill aufnimmt und unter der Bahn hindurchführt, wurde ein sehr gefährlicher Bruch in der Sohle dadurch beseitigt, daß man im Tunnel über dem Wasserbette ein Gerinne einbaute und die Sill durch eine Anstauung zwang, in dieses Gerinne zu steigen und dadurch abzufließen, worauf der Bruch untersucht und unter dem Gerinne reparirt werden konnte.

Clauß, das Wasserwerk der Stadt Braunschweig. — Braunschweig ist mit seiner Wasserversorgung an die Benutzung der Ocker gewiesen, welche ein gutes Wirthschafts- und ein ziemlich genügendes Trinkwasser führt. Das hier ausführlich beschriebene und durch schöne Zeichnungen erläuterte Wasserwerk ist nahe oberhalb der Stadt im Spitzbogenstyl erbaut und gewährt mit seinem 57 Meter hohen Druckthurme einen sehr guten Prospect. Zum Betriebe dienen zwei liegende rotirende Hochdruckmaschinen mit Ventilsteuerung, Condensation und verstellbarer Expansion, wovon jede direct eine ebenfalls horizontal liegende doppeltwirkende Pumpe bewegt. Man entschied sich für dieses System, weil es einfacher und bedeutend billiger ist, als das System der cornischen Wasserhaltungsdampfmaschinen mit einfach wirkenden Pumpen, weniger kostspielige Fundamente nöthig macht, weniger Raum beansprucht, keiner so ängstlichen Wartung bedarf und einen gleichmäßigeren Wasserstrom liefert. Die Maschinen sind mit den Pumpen auf starken Doppelframes gelagert, ihre Dampfcylinder sind mit Dampfhemden versehen und überdies wohl verpackt, die Dampfvertheilung erfolgt durch doppelsitzige Ventile, welche mittelst verstellbarer Expansionskegel angehoben und mittelst Spiralfedern zugedrückt werden, die Luft- und Kaltwasserpumpen werden durch schmiedeeiserne Balanciers bewegt und ein schweres Schwungrad gestattet die Anwendung starker Expansionsgrade. Zur selbstthätigen Regulirung ist im Standrohr ein Apparat angebracht, welcher bei wachsendem Drucke eine Verschiebung der Expansionskegel bewirkt, derselbe ist aber nicht in Gebrauch. Die Pumpen besitzen Kolben mit einer hydrostatischen Lederliderung, welche sich in broncenen Kolbenrohren bewegen und mittelst langer Stopfbüchsen und einer breiten Gleitbahn geführt werden. Die eine ist mit Doppelsitzventilen, die andere mit zweiklappigen Ventilen versehen, wovon sich erstere zwar durch geräuschlosen Gang auszeichnen, aber ihrer Kostspieligkeit wegen und wegen des großen Widerstandes, den sie verursachen, nicht empfehlen. Auf jedem Pumpencylinder ist ein kleiner negativer Windkessel angebracht, welcher bis zu $\frac{2}{3}$ mit Luft gefüllt sein muß, und die beiderseitigen Druckrohre münden in einen großen, durch eine kleine Luftpumpe gespeisten Windkessel, dessen Inhalt dem 29fachen Hubvolumen jeder Pumpe gleich ist. Der Querschnitt der Saugröhren beträgt 72 Proc. von der Kolbenfläche. Der Kohlenverbrauch wurde zu 4,6 Pfd. pro Pferdekraft und Stunde ermittelt, wäre aber sicher niedriger ausgefallen, wenn die Maschinerie mit voller Kraft gearbeitet hätte. Was die Druckverluste in der Röhrenleitung anlangt, so führt der Herr Verfasser einige Beobachtungen über die Widerstände der Hähne und ganzer Röhrennetze an. Bei 22,8 Meter Druckhöhe betrug der Widerstandscoefficient für ganz geöffnete 9 bis 24 Millim. weite Niederschraubzapfhähne 3 bis 9; der Druckverlust durch Reibung wurde im Braunschweiger Röhrennetz (größter Durchmesser 0,3, kleinster 0,114 Meter) bei 1700 bis 2000 Meter Entfernung zu 5,7 Meter beobachtet, bei dem Leipziger Wasserwerke mit 0,42 Meter weiten Röhren auf 3500 Meter Länge zu 1,4 bis 5,6 Meter. Die Weite der Röhren ist nach der abzuführenden Wassermenge unter Zugrundelegung einer Geschwindigkeit von 0,85 bis 1,14 Meter bestimmt, die engste Weite mit Rücksicht auf

die Feuerlöschzwecke aber zu 0,09 Meter fixirt, damit jeder Hydrant 4 Spritzen versorgen kann. Das Hauptrohr theilt sich beim Eingange in die Stadt in 4 Zweigrohre, welche unter sich wieder vielfach verbunden sind. In diesem Rohrnetze sind etwa 100 Absperrschieber und 340 Hydranten nach Simpson's Patent, überdies auch noch mehrfach Spülapparate für die Gossen angebracht. Sämmtliche Röhren sind gußeiserne, aus dem Cupolofen und stehend gegossen. Vorgeschrieben war, daß 1 Zoll starke Stäbe des zu verwendenden Eisens bei 36 Zoll freier Länge in der Mitte $8^1/_2$ Zollcentner tragen mußten, und einzelne Stäbe haben bis 9,73 Ctr. getragen. Aus einer weit umfänglicheren Tabelle in unserer Quelle entlehnen wir über diese Röhren folgende Notizen:

Durchmesser in rhein. Zollen	15	9	6	3	$1^1/_2$
Nutzlänge in rhein. Fußen	9	9	9	9	6
Wandstärke in rhein. Zollen	0,6	0,475	0,4	0,325	0,3
Gewicht pro Fuß in Zollpfunden	105,1	49,1	26,6	10,1	5,1
Gewicht der Bleidichtung pro Muff in Zollpfunden	$21^1/_2$	13	6	$1^3/_4$	$^5/_8$
Preis der Röhren pro Zollcentner in Thlrn.	$2^{11}/_{12}$	3	$3^1/_4$	$3^1/_6$	$3^{14}/_{15}$
Kosten der Luftdruckprobe pro Rohr in Thlrn.	0,155	0,051	0,027	0,017	0,008
Kosten des Schwärzens pro Rohr in Thlrn.	0,6	0,372	0,25	0,133	0,042
Legungskosten incl. Material, Erd- u. Pflasterarbeiten pr. Fuß rhein. in Thlrn.	0,6	0,325	0,25	0,158	0,133

Auch die empirischen Regeln, nach welchen auf der Hannoverischen Eisengießerei die Röhren dimensionirt werden, sind in unserer Quelle angegeben. Vor dem Verlegen wurden die in der Gießerei bereits auf 85 Meter Wassersäule probirten Röhren noch einer Dichtigkeitsprobe mit 8 Atmosphären Luftdruck unterworfen und mit einem Ueberzug von Goudron versehen (mit Ausnahme der Muffe und der in diese einzuschiebenden Rohrenden). Die Röhren wurden direct in die Erde verlegt, ca. 1,4 Meter tief; diese Arbeit war der Firma J. und A. Aird in Berlin contractlich übergeben und wurde von ihr bei 25000 Meter Länge in ca. 11 Monaten ausgeführt. Die Gräben wurden vertical mit nur 0,6 Met. Weite und 1,4 Meter Tiefe ausgehoben und für die Rohrstemmer bei den Muffen nur kleine Verbreiterungen und Vertiefungen angebracht, damit diese die Arbeiten des Vergießens und Verstemmens vornehmen konnten. Zur Unterlage für die Bleidichtung diente Wergtau und die Tiefe der Bleidichtung betrug ca. 5 Centimeter. Der sehr moorige Boden und die theilweise sehr tiefe Lage der Rohre, welche solide Absteifungen der Gräben, Wasserhaltung u. dergl. nöthig gemacht haben, verursachten theilweise nicht geringe Schwierigkeiten; auch einige Flußübergänge sind vorgekommen, wobei ganze Röhrenzüge auf einmal versenkt wurden. Hierbei wurden Blechrohre angewendet, weil diese in größeren Längen herzustellen sind, leichter ausfallen und wegen ihrer größeren Haltbarkeit das Legen größerer Längen gestatten. Für die Hauswasserleitungen wurden vorzugsweise 13 bis 26 Millim. weite gezogene Bleiröhren verwendet, welche 3,5 bis 11,8 Zollpfd. pro lauf. Meter wiegen. Diese Leitungen sind nach dem System der constanten Wasserversorgung durchgeführt, weil dies nicht nur für die Consumenten bequemer, sondern auch für die Güte des Wassers vortheilhafter ist. Für einstöckige Gebäude mit einem oder zwei Hähnen genügen 13 Millim. weite Röhren; für zwei- und mehrstöckige Häuser 19 Millim. weite Röhren, und wenn Feuerhähne eingeschaltet sind, Röhren von 26 Millim. Weite. Diese Röhren sind aber möglichst gegen die Witterungseinflüsse zu schützen, resp. mit Frosthähnen zu versehen. Zu den Hähnen sind nur Niederschraubhähne zu empfehlen. Zur raschen Abführung des verbrauchten Wassers sind für 1 Zapfhahn Röhren von 4 bis 5, für mehrere Küchen, Toiletten, Badeeinrichtungen Röhren von 6,5 bis 10,5, für Waterclosets solche von 10,5, für mehrere Waterclosets Röhren bis zu 21 Centim. Weite nöthig, und zwar empfehlen sich Röhren von gut gelöthetem Walzblei, glasirtem Thon oder Gußeisen, welche nach Befinden mit einem oder doppelten Geruchverschlüssen zu versehen und in Canalisationen oder gemauerte und mit einer Erdschicht überdeckte Sammelreservoirs abzuführen sind. Beschreibungen und Zeichnungen von zweckmäßigen Hauseinrichtungen sind in unserer Quelle nachzusehen, welche auch Angaben über die Preise enthält, welche das Braunschweigische Wasserwerk den Consumenten dafür berechnet. Die Anlage eines 12 Millim.-Zapfhahnes kommt bei ca. 6 Meter Abstand vom Hauptrohr, incl. aller erforderlichen Arbeiten und Materialien auf 9 Thlr. 17 Sgr., bei 12,5 Meter Abstand auf 13 Thlr. 27 Sgr. zu stehen u. s. w. Wegen der Braunschweiger Tarife verweisen wir ebenfalls auf unsere Quelle. Was den Betrieb dieses Wasserwerkes anlangt, so steht es unter der Leitung und Aufsicht eines Directors, eines Maschinenmeisters, zweier Maschinenwärter und zweier Kesselheizer, das Röhrnetz unter einem Kunstmeister und vier Wärtern. Schadenfeuer werden durch eine Feuertelegraphenleitung dem diensthabenden Maschinisten und den verschiedenen Wachtlocalen in der Stadt, sowie dem Brand-, dem Gas-, dem Polizeidirector u. s. w. signalisirt. Nach mehrjährigem Betriebe ergiebt sich pro Haus ein jährlicher Wasserverbrauch von 434 bis 814 Cubikmetern, pro Kopf ein Verbrauch von 7,3 bis 18,0 Cubikmetern. Zwischen dem Nacht- und Tagesconsum findet im Winter das Verhältniß 1 : 3, im Sommer das Verhältniß 1 : 4 statt. Der geringste stündliche Consum betrug $^1/_{130}$, der größte $^1/_6$ des Tagesconsums. Die Kosten für Filtrirung von 1000 Cubikfuß (braunschweigisch oder rheinisch?) haben 5,11 bis 12,1 Pf. betragen, die Anlagskosten 271934 Thlr. Zur Reinigung des Ockerwassers dient ein ca. 3 Meter tiefes, 46350 Cubikmeter Wasser fassendes Ablagerungsbassin, aus welchem das Wasser durch ein 0,56 Meter weites Rohr in künstliche Filter von 2760 Qu.-Meter Fläche gelangt, darin filtrirt wird und hierauf in den überwölbten Reinwasserbrunnen abfließt, aus welchem die Pumpen saugen. Die Filtrirschicht besteht aus einer untersten Schicht von 15 bis 11 Centim. großen gewaschenen Findlingen, einer 8 bis 10 Centim. starken Lage von 5 Centim. starken Steinen, einer 8 Centim. starken Schicht 1 bis 3 Centim. starker Steine, einer eben so starken Lage aus 5 Millim. großen Kieskörnern, einer 16 Centim. starken Schicht von 3 Mill. grobem Sande und einer 31 Centim. starken Lage von scharfem, quarzigem, etwa $^1/_8$ bis $^3/_4$ Mill. starkem Sande. Der Wasserstand darüber beträgt ca. 0,6 bis 1 Meter. Das

Filtermaterial mußte großentheils vom Harz bezogen werden. Das filtrirte Wasser besitzt ungefähr 5° weniger Wärme als das Flußwasser im Sommer, bei starkem Froste ca. 5° Wärme.

Fränkel, zur Theorie der elastischen Bogenträger. Ein Beitrag zur graphischen Statik. — Ueber diese sehr interessante Abhandlung läßt sich natürlich in unsern Blättern kein Referat geben; sie lehrt die graphische Bestimmung der Deformation von Bogenträgern bei gegebenen äußern Kräften, des durch eine beliebige isolirte Last hervorgerufenen Horizontalschubes bei Bogenträgern mit constantem Querschnitte und drehbaren Kämpfern, der Kämpfer-Reactionen und Momente bei eingespannten Kämpfern, endlich eine vereinfachte graphische Behandlung flacher Bogenträger.

Preise und Gewichte verschiedener Dachdeckungen. — Nach einer den Protokollen des sächsischen Ingenieur-Vereines entlehnten Zusammenstellung betragen die Preise pro Quadratelle sächsisch

bei Schindelbedachung	4,6 Sgr.
„ Ziegeldach (8 Zoll weit gelattet)	5,1 „
„ „ (6 Zoll „ „)	6,3 „
„ Ziegelkronendach (11 Zoll weit gelattet)	6,0 „
„ Schieferdach (auf Lattung, genagelt)	10,5 „
„ „ (auf Lattung, mit Haken	11,0 „
„ „ (auf Brettschaalung, genagelt)	13,0 „
„ „ (auf Brettschaalung, mit Haken)	13,5 „
„ „ (engl. Doppeldach auf Lattung, genagelt)	13,0 „
„ „ (engl. Doppeldach, auf Latten, mit Haken)	13,5 „
„ „ (engl. Doppeldach, auf Schaalung, genagelt)	16,5 „
„ „ (engl. Doppeldach, auf Schaalung, mit Haken)	17,0 „

	Thlr.	Sgr.	Pf.
bei Kupferblechdach	2	5	—
„ Bleiblechdach	1	7	5
„ Schwarzblechdach	—	23	5
„ Weißblechdach	1	2	5
„ Wellenblechdach	1	1	—
„ Zinkblechdach	—	25	3
„ Pappdach (auf Leisten gedeckt)	—	9	—
„ „ (mit Cementleinwand-Ueberzug)	—	11	—
„ Holzcementdach	—	12	5
bei Asphaltfilzdach	—	10	—

Berücksichtigt man aber die gestattete Verschiedenheit der Dachneigung, welche

für Ziegeldach	1 : 2
„ Schieferdach	1 : 3
„ Zinkdach	1 : 6
„ Pappdach	1 : 8
„ Holzcementdach	1 : 24

betragen darf, reducirt man also die Preise auf die Qu.-Elle Gebäudegrundfläche, so erhält man folgende Preise:

	Sgr.	Pf.
einfaches Ziegeldach	7	2
Ziegelkronendach	8	5
Ziegeldoppeldach	8	9
Pappdach auf Schaalung	9	5
Asphaltfilzdach	10	3
Holzcementdach	12	—
einfaches Schieferdach (auf Lattung genagelt)	12	6
englisches Doppeldach (desgl.)	15	6
einf. Schieferdach (auf Schaalung genagelt)	15	6
engl. Doppeldach (desgl.)	19	8
Zinkblechdach auf Schaalung und Leisten	26	5

Die Gewichte betragen pro Quadratelle (100 Qu.-Ellen = 32 Quadratmeter):

	Pfd.	Lth.
bei Wellenblechdach (ohne Schaalung)	11	15
„ Schindeldach auf Lattung	14	—
„ Pappdach auf Schaalung und Leisten	18	—
„ einfachem Schieferdach auf Lattung	18	21
„ Kupferblechdach auf Schaalung	19	—
„ Asphaltfilzdach auf Schaalung	19	15
„ Schwarz- u. Weißblechd. auf Schaalung	20	6
„ Zinkblechdach auf Schaalung u. Leisten	21	—
„ Schieferdoppeldach auf Lattung	23	—
„ Bleiblechdach auf Schaalung	28	—
„ einfachem Schieferdach auf Schaalung	30	—
„ Schieferdoppeldach „ „	33	—
„ einfachem Ziegeldach auf Lattung	64	18
„ Ziegeldoppeldach „ „	73	6
„ Holzcementdach auf Schaalung	77	15
„ Kronenziegeldach auf Lattung	80	—

Schneeschutzvorkehrungen an der sächsisch schlesischen Eisenbahn. — Aus den Protokollen des sächsischen Ingenieur-Vereines. Nach den an der sächsisch schlesischen Eisenbahn gesammelten Erfahrungen haben die im Walde und die in der Nähe von Wald oder Bergen gelegenen Einschnitte von Schneeverwehungen nicht sehr zu leiden, am meisten werden aber im freien Felde liegende Terraingleichen und Einschnitte bis zu 2,8 Meter Tiefe von Verwehungen betroffen. Zum Schutz muß entweder der Einschnitt so gestaltet werden, daß die Planie dem Windstrome ausgesetzt ist, oder es müssen vor demselben Räume geschaffen werden, in welchen sich der Schnee ablagert, ehe er den Einschnitt erreicht. Ersteres Mittel, bei welchem die Böschungen auf 1 : 10 abzuflächen sind, ist bis zu 0,85 Meter Tiefe des Einschnittes zu empfehlen; bei dem zweiten Verfahren müssen Studien vorhergehen über die Maximal-Schneemassen, welche sich bei heftigen Schneewehen in den Einschnitten ablagern. An der sächs. schlesischen Bahn sind Einschnitte von 2,85 Meter Tiefe ganz zugeweht worden, so daß der Ablagerungsraum einem Querprofile von 42 Qu.-Meter entsprechen muß. An ungeschützten Einschnitten hat man bei geringer Breite der Einschnitte einfache Flechtzäune, bei größerer Breite einfache oder doppelte Fichtenhecken angewendet, bei Localitäten mit starken Schneeanhäufungen Erddämmchen in einigem Abstande von dem Einschnitte aufgeworfen und mit Flechtzäunen oder Fichtenhecken besetzt, bei den größten Schneewehen endlich zwei derartige Dämmchen mit Gräben und Fichtenhecken hergestellt, deren Entfernung nach Umständen variirt werden muß.

Unterirdische Luftdruckbeförderung in Paris. — Zur Verbindung der Pariser Telegraphenstation mit den Filialstationen haben Mignon und Rouart einen einfachen pneumatischen Apparat construirt, welcher aus 65 Millimeter weiten gezogenen eisernen Röhren zusammengesetzt ist, in denen sich mittelst Luftdruck ein hohler Kolben mit Lederdichtung bewegt, welcher die 55 Millim. starken, 135 Millim. langen Blechkapseln mit den Depeschen vor sich herschiebt. Zur Compression der Luft ist der Wasserdruck der städtischen

Wasserleitung benutzt, wodurch comprimirte Luft von 1 bis 2 Atmosphären erzielt wird. Der Preis des Apparates für eine Station beträgt 8000 bis 9000 Francs, derjenige der Rohrleitung 17 Francs pro lauf. Meter.

Pyrometer. — In Frankreich verwendet man zu pyrometrischen Zwecken einen Platindraht, der an seinem Ende mit einem Palladiumdraht fest verbunden ist. Beide Drähte liegen in Porcellanröhrchen derartig, daß die Verbindungsstelle der Temperatur, welche bestimmt werden soll, ausgesetzt ist, und ihre Enden sind mit den Leitungsdrähten eines Galvanometers so verbunden, daß eine geschlossene thermoelektrische Kette entsteht, die Abweichung der Magnetnadel des Galvanometers also zur Constatirung der Temperatur benutzt werden kann.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1869. Band XIII, Heft 5 bis 8.

Grashof, über die Humphreys-Abbot'sche Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. — Der gelehrte Herr Verfasser entwickelt zunächst theoretisch die Beziehungen zwischen den Geschwindigkeiten in den verschiedenen Punkten eines Stromquerschnittes und findet, unter der Annahme, daß die Kraft, womit die einen gewissen Wasserfaden in der Tiefe x unter der Oberfläche umgebende Wasserfäden beschleunigend auf denselben einwirken, der $n$ten Potenz der relativen Geschwindigkeiten proportional sei, auf Grund des Dubuat'schen Satzes die Gleichung

$$\frac{d}{dx}\left(-\frac{dv}{dx}\right)^n + \frac{d}{dy}\left(-\frac{dv}{dy}\right)^n = \frac{\alpha\gamma}{m},$$

worin die x in der Richtung der Verticalen, die y in der Richtung der Strombreite gezählt sind, α das relative Gefälle der Oberfläche, γ das specifische Gewicht des Wassers und m und n zwei durch Versuche zu bestimmende Coefficienten bedeuten. Wäre nun der Querschnitt unendlich viel breiter als tief, und wird die der Tiefe $x = a_0$ entsprechende größte Geschwindigkeit einer Verticalen mit v' bezeichnet, so erhält man aus dieser Gleichung die der Tiefe x entsprechende Geschwindigkeit v durch

$$v = v' - \frac{n}{n+1}\left(\frac{\alpha\gamma}{m}\right)^{\frac{1}{n}} (x - a_0)^{\frac{n+1}{n}}.$$

Diese theoretische Gleichung stellt nun der Herr Verfasser der von Humphreys-Abbot gefundenen empirischen Gleichung

$$v = v' - \sqrt{kc}\left(\frac{x - a_0}{a}\right)^2$$

gegenüber, in welcher k für Metermaaß den Werth

$$k = \frac{0{,}2844}{\sqrt{A + 0{,}457}}$$

besitzt, c die mittlere Flußgeschwindigkeit $= \frac{Q}{F} = \frac{\text{Ausflußmenge}}{\text{Querschnitt}}$, A die mittlere Tiefe $= \frac{\text{Querschnitt } F}{\text{Oberflächenbreite } b} = \frac{\text{Querschnitt } F}{\text{benetzten Perimeter } p}$ und a die ganze Wassertiefe der betreffenden Verticalen bedeutet. Es ergeben sich durch die Vergleichung für die Coefficienten n und m folgende Werthe:

$$n = 1 \quad \text{und} \quad m = \frac{a^2\alpha\gamma}{2\sqrt{kc}},$$

wovon letzterer Werth ziemlich überraschend erscheint. Da die Geschwindigkeiten in einer Verticalen nach dem Gesetze der Parabel abnehmen, so ergiebt sich für die mittlere Geschwindigkeit einer Lothrechten u

$$u = v - \frac{1}{3}\sqrt{kc}\,\frac{a^2 - 3[a_0(a - 2x) + x^2}{a^2},$$

wenn die der Tiefe x entsprechende Geschwindigkeit v und die Lage des Parameters a_0 bekannt ist. Für letztere haben Humphreys-Abbot die Formel (englisches Maaß)

$$\frac{a_0}{a} = 0{,}317 + 0{,}06\,f$$

aufgefunden, in welcher f einen von der Windstärke abhängigen Coefficienten (ein stromaufwärts wehender Orkan $= 10$ gesetzt) bedeutet. Da diese Abhängigkeit aber nicht genügend begründet erscheint, so ist es räthlich, von einem anderen von den genannten Experimentatoren aufgefundenen Gesetze Gebrauch zu machen, wonach die Geschwindigkeit in halber Wassertiefe v_2 von der Lage der Parabelaxe unabhängig sein soll. Unter dieser Annahme wird

$$u = v_2 - \frac{1}{12}\sqrt{kc}.$$

Die amerikanischen Beobachter empfehlen noch folgenden einfachen Weg zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit c eines Querschnittes. Ist U das arithmetische Mittel aller Werthe von u, V_2 dasjenige aller Werthe von v_2, so ist $U = V_2 - \frac{1}{12}\sqrt{kc}$ und da nach Beobachtungen im Mississippi $c = 1{,}08\,U$ sein soll, so folgt

$$c = \left[\sqrt{1{,}08\,V_2 + 0{,}002\,k} - 0{,}045\sqrt{k}\right]^2.$$

Wäre allgemein $c = mU$, so hätte man:

$$c = \left[\sqrt{m V_2 + \frac{1}{576}m^2 k} - \sqrt{\frac{1}{576}m^2 k}\right]^2.$$

Dieser Coefficient m hängt von der Querschnittsform und dem Gesetze der Abnahme der Geschwindigkeiten in der Horizontalen ab, und da sich aus den Messungen bei Columbus und Vicksburg zwischen der Geschwindigkeit v_0' im Stromstrich und derjenigen v_0 im Abstande y vom Stromstrich eine Abhängigkeit von der Form

$$y^2 = C(v_0' - v)$$

ergeben hat, worin C umgekehrt proportional $\sqrt{c}$ war, so ergiebt sich, wenn man mit dem Herrn Verfasser

$$C = \frac{b}{\sqrt{\beta c}}$$

setzt, unter b die Strombreite verstanden, die Gleichung

$$v_0 = v_0' - \sqrt{\beta c}\left(\frac{y}{b}\right)^2,$$

und für die Geschwindigkeiten in halber Flußtiefe:

$$v_2 = v_2' - \sqrt{\beta c}\left(\frac{y}{b}\right)^2.$$

Theilt man den Querschnitt F in Abschnitte ΔF und multiplicirt man diese Abschnitte mit den Geschwindigkeiten v_2 in der halben Tiefe ihrer mittleren Verticalen, so kann man

als Näherungswerth für die mittlere Geschwindigkeit des Querschnittes einführen

$$c_2 = \frac{\Sigma (v_2 . \Delta F)}{F} = v_2' - \frac{\sqrt{\beta c}}{F b^2} \int y^2 dF.$$

Es ist aber $\int y^2 dF$ gleich dem Trägheitsmoment $F i^2$ des Querschnittes auf die Verticale im Stromstrich bezogen, folglich hat man

$$c_2 = v_2' - \sqrt{\beta c} . \frac{i^2}{b^2}.$$

Für einen rechteckigen Querschnitt wird dann erhalten:

$$i^2 = \frac{b^2}{12}, \quad c_2 = V_2,$$

für einen aus zwei aneinanderstoßenden Parabelbögen bestehenden Querschnitt aber

$$c_2 = \frac{3}{5} V_2 + \frac{2}{5} v'_2.$$

Was die Beziehungen zwischen der mittleren Geschwindigkeit eines Querschnittes, seinen Dimensionen und dem Gefälle anlangt, so zeigt der Herr Verfasser, daß die Theorie auf eine Gleichung von der Form

$$\gamma F \alpha = b \varphi_0 (V_0) + p \varphi_1 (V_1)$$

führt, wenn der Widerstand an der Luftoberfläche als Function der relativen Oberflächengeschwindigkeit V_0, derjenige am Bette als Function der mittleren Bodengeschwindigkeit angesehen wird. Wenn aber Humphreys-Abbot beide Arten von Widerständen als gleichartige bezeichnen, was auf die Formel

$$\frac{F\alpha}{b+p} = \varphi \left(\frac{1}{m} c - \frac{1}{6} \sqrt{kc} \right)$$

führt, und nachher auch noch das Zeichen des Gliedes $\frac{1}{6} \sqrt{kc}$ umändern, so ist ihrer Formel zum mindesten eine theoretische Bedeutung nicht zuzugestehen. Setzt man

$$\frac{1}{m} c + \frac{1}{6} \sqrt{kc} = z,$$

so berechneten Humphreys und Abbot nach ihren Versuchen die Größe $C = \frac{F\alpha}{(b+p) z^2}$, wobei sie fanden, daß C nahezu proportional $\sqrt{\alpha}$ sei. Sie erhielten nämlich (für Metermaaß) $C = \frac{\sqrt{\alpha}}{59,4}$ und stellten daher die Gleichung

$$59,4 \frac{F \sqrt{\alpha}}{b+p} = z^2 = \left(\frac{1}{m} c + \frac{1}{6} \sqrt{kc} \right)^2$$

auf. Weil nun nach ihren Messungen $p = 1{,}015\, b$, $m = 1{,}08$, $k = 0{,}0567$ zu setzen ist, so brachten sie noch einige Vereinfachungen an und gelangten so zu der einfachen Formel (für Metermaaß):

$$c = 8{,}32 \sqrt{\frac{F \sqrt{\alpha}}{b+p}},$$

oder wenn man $\frac{F}{b} = A$ setzt,

$$c = 5{,}84 \sqrt{A \sqrt{\alpha}}.$$

Bei einer Prüfung der neuen Formel an 30 Beispielen gab sie durchgängig eine sehr viel bessere Uebereinstimmung, als 13 damit verglichene ältere Formeln. Gute Uebereinstimmung mit den Beobachtungen gab ferner die von Humphreys und Abbot aufgefundene Formel zur Bestimmung des relativen Gefälles α_2 bei angeschwollenem Strome. Ist α_1 das ursprüngliche relative Gefälle, e die ursprüngliche Höhe des Wasserspiegels über dem niedrigsten überhaupt vorkommenden Wasserstande, x die Höhe, um welche der Wasserstand gestiegen ist, B eine für jede Oertlichkeit zu ermittelnde Constante, so soll am Mississippi, wenn derselbe in gleichförmigem Steigen begriffen ist, folgende Formel gelten:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + B (e+x)^2 x,$$

und zwar ist gefunden worden (für englisches Maaß)

bei Columbus $B = 0{,}0000000015$,
„ Vicksburg „ $0{,}0000000012$,
„ Carrolton „ $0{,}0000000150$.

Zuletzt bespricht der Herr Verfasser noch kurz die Zusätze des Hrn. Grebenau zur Uebersetzung des Humphreys-Abbot'schen Werkes, zeigt, wie die Resultate der abgekürzten Formel $c = 8{,}32 \sqrt{\frac{F \sqrt{\alpha}}{b+p}}$ mittelst einer Hilfstabelle corrigirt werden können und verweist bezüglich kleiner Wasserläufe, künstlicher Gerinne und Canäle auf die Darcy-Bazin'schen Formeln, welche in diesem Falle geeigneter sein dürften, als die Humphreys-Abbot'schen Formeln, durch welche im Ganzen die Theorie nicht wesentlich gefördert worden ist.

Euler, über Wolpert's Rauch- und Luftsauger. — Ein sich nach oben conisch erweiternder, am unteren und obern Rande aber concav umgebogener Kopf von etwas größerem Durchmesser als das Schornsteinrohr, welcher oben in einigem Abstande über der Mündung eine durch Stifte daran befestigte und nach allen Seiten darüber hinausragende Scheibe trägt, unten aber mittelst Stiften in einigem Abstande über einem rings um das Schornsteinrohr befestigten, flach ausgebogten Blechrande aufsitzt. Der Wind wird durch die Gestalt des Essenkopfes nach unten abgelenkt und erzeugt in dem Spalte zwischen dem Essenkopfe und dem auf das Schornsteinrohr befestigten Blechkranze ein Saugen, welches den Austritt des Rauches unterstützt. Derartige Sauger würden sich auch zur Ventilation der Rauchcoupés in Eisenbahnwagen, sowie für Laternen empfehlen.

Werner, Theorie der Turbinen, Kreiselpumpen und Ventilatoren. — Die vorliegenden Hefte behandeln die Kreiselpumpen und Centrifugalventilatoren, wobei selbstverständlich die für die Turbine gefundenen Formeln entsprechende Modificationen zu erfahren haben.

Stöß, über Leuchtgas für kleineren Consum. — Ueberblick über die zu diesem Zwecke angegebenen Apparate von Hirzel, Liebenau, Hamilton, Mackenzie, Walker und Smith, Möhring u. s. w.

Die Staub'schen Arbeiterwohnungen in Kuchen. — Beschreibungen und verschiedene Grundrisse solcher Wohnungen.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 7.

Literatur.

Der Straßenbau, mit Einschluß der Construction der Straßenbrücken. Lehrbuch für den Unterricht an technischen Lehranstalten, sowie zum Selbststudium für Straßenbau-Ingenieure. Von Ahlburg, Professor der Bau-Ingenieurwissenschaften am herzogl. Polytechnikum zu Braunschweig. Mit 315 Holzschnitten aus dem Atelier von Metzger und Probst. Braunschweig. C. A. Schwetschke u. Sohn (M. Bruhn). 1870.

Da neuere Werke über Straßenbau gänzlich fehlen, so hilft das vorliegende gediegene Werk einem fühlbaren Mangel ab; dasselbe kann aber auch bei den schon amtirenden Straßenbauingenieuren auf eine freundliche Aufnahme rechnen, da es ihnen die Möglichkeit bietet, auf bequemste Weise kennen zu lernen, was die Neuzeit in dieser Branche der Technik erreicht hat. Um eine Uebersicht über den reichen Inhalt dieses Werkes zu geben, führen wir an, daß der erste Abschnitt desselben von den Fuhrwerken, dem Zugwiderstande und der Leistung der Zugthiere, der zweite von der Tracirung der Straßen und den Erdarbeiten, der dritte von der Bauart der Straßen, der vierte von den Kunstbauten an Straßen, Brücken, Futtermauern, Schutzvorrichtungen, Baumpflanzungen u. dergl, der fünfte Abschnitt endlich von der Unterhaltung der Straßen und dazu gehörigen Bauobjecte und ein Anhang von der Veranschlagung des Neubaues der Straßen handelt. Zur Erläuterung des Textes sind viele gute Holzschnitte eingedruckt, besonders ist der ungefähr die Hälfte des Buches umfassende Abschnitt über die Kunstbauten gut mit Holzschnitten ausgestattet. Von hohem Werthe sind ferner die mitgetheilten Erfahrungen über Materialbedarf, Unterhaltungsaufwand und Anlagskosten der Straßen, so daß dieses Lehrbuch des Straßenbaues als ein höchst nützliches Werk bezeichnet werden muß.

Theoretische und praktische Anleitung zum Nivelliren, mit besonderer Rücksicht auf die verbesserten Nivellir-Instrumente aus der Werkstätte des k. k. polytechnischen Institutes zu Wien. Mit einem Anhange über das Ausstecken von Kreisbogen. Von S. Stampfer, weil. o. ö. Professor der praktischen Geometrie am k. k. polytechnischen Institute, Mitglied der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien u. s. w. Sechste vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. Jos. Ph. Herr, o. ö. Professor der höheren Geodäsie und der Astronomie am k. k. polytechn. Institute zu Wien. Wien. Druck und Verlag von Carl Gerold's Sohn. 1869.

Stampfer's Anleitung zum Nivelliren, deren erste Auflage vor nahezu einem Vierteljahrhundert erschienen ist, hat ihre vorzügliche Brauchbarkeit dadurch bewährt, daß sie fünf nahezu unveränderte Auflagen erlebt hat. Die neueste Auflage zeichnet sich nicht nur durch elegantere Ausstattung aus, sondern berücksichtigt namentlich auch die neueren Constructionen der Instrumente und die Methoden zur Prüfung derselben. Wegen veränderter Einrichtung der Instrumente paßten die Tabellen der älteren Auflagen nicht mehr, weshalb dieselben für die neue Auflage umgerechnet worden sind, und da in Folge zahlreicher Zusätze der Umfang des Buches ansehnlich gewachsen war, so wurde die in den älteren Auflagen zu findende Anleitung zur Berechnung des Cubikinhaltes der Erdmassenbewegungen diesmal nicht wieder aufgenommen. Somit hat der Herausgeber der neuen Auflage nichts versäumt, was erforderlich war, um die Anleitung zum Nivelliren wieder auf den gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft zu erheben und zu einem vortrefflichen Rathgeber für nivellistische Arbeiten zu machen.

Reductions-Tabellen des neuen Norddeutschen Bundesmaaßes (Meter) in das Bremische, Preußische, Hannoversche, Oldenburgische und Englische Längen-, Flächen- und Körpermaaß und dieser Maaße in das Norddeutsche Bundesmaaß nach dem Gesetze vom 17. August 1868. Nach amtlichen Vorlagen bearbeitet von R. Berg, Baudirector. Bremen. Verlag von Karl Tannen. 1869.

Aehnliche Umrechnungstabellen wie die vorliegenden erscheinen jetzt in fast allen Staaten Deutschlands, welche der Einführung des Metersystemes entgegensehen, nur wenige aber sind so ausführlich und correct. Eine zweckmäßige Zugabe ist die vorangeschickte Reductionstafel für echte Brüche in Decimalbrüche, sowie eine angehängte Tabelle über einige seltenere Fußmaaße und deren Verhältniß zu den im Buche speciell berücksichtigten Maaßen.

Die nothwendigsten Regeln für die Behandlung der Dampfkesselfeuerung nebst einem Katechismus für den praktischen Dampfkesselheizer. Von Adolf Schaeffer, Siedemeister in der Schickler'schen Zuckerfabrik. Dritte vermehrte Auflage. Berlin 1869. Verlag von Rudolph Gärtner. Amelang'sche Sortiments-Buchhandlung.

Diese sachgemäß und leicht verständlich abgefaßte Schrift, welche wir bereits bei ihrem ersten Erscheinen dringend empfohlen haben, ist in der vorliegenden dritten Auflage um die neueren Ansichten über Dampfkesselexplosionen bereichert und auch sonst mit lehrreichen Zusätzen versehen worden. Sie sollte jedem Kesselheizer in die Hand gegeben werden, damit er daraus die Wichtigkeit seines Berufes und die Mittel kennen lerne, wie Explosionen vorzubeugen ist.

Das barometrische Höhenmessen mit dem Aneroid (Dosenbarometer). Von Th. Nowak, Ober-Ingenieur in Wien. Zweite verbesserte Auflage. Wien 1869. Lehmann & Wentzel, Buchhandlung für Technik und Kunst. Kärntnerstr. 10.

Eine ganz kurze, sich aller theoretischen Betrachtungen enthaltende, praktische Anweisung zur Benutzung des Aneroidbarometers für's Höhenmessen nebst den dazu erforderlichen Tabellen.

Technische Blätter. Vierteljahrschrift des deutschen Ingenieur- und Architekten-Vereines in Böhmen, redigirt von Friedrich Kick, o. ö. Professor der mechanischen Technologie am deutschen polytechnischen Landes-Institute des Königreiches Böhmen. Unter Mitwirkung des Redactionscomités. I. Jahrgang 1869. Erstes Heft. Im Selbstverlage des Vereines. Prag 1869. In Commission der J. G. Calve'schen k. k. Universitäts-Buchhandlung. Ottomar Beyer.

Nach dem Inhalte dieses ersten Heftes versprechen die technischen Blätter recht Lobenswerthes zu leisten. Dasselbe enthält zunächst kürzere Original-Abhandlungen (z. Th. noch nicht vollendet) aus dem Gebiete der Architektur, des Brückenbaues, Eisenbahn- und Telegraphenwesens, Maschinenbaues und der chemischen Technologie, zweitens Berichte über technische Unterrichtsanstalten und Unternehmungen, drittens Auszüge aus technischen Zeitschriften, viertens Literaturberichte und Recensionen und fünftens Vereinsmittheilungen, ist in Bezug auf Druck und Papier gut ausgestattet und mit Holzschnitten, sowie mit drei lithographirten Beilagen versehen.

Normale Durchlässe für Straßen und Eisenbahnen. Zur Erleichterung des Projectirens und der Veranschlagung, unter Zugrundelegung des Metermaaßsystems zusammengestellt von L. Neumann und C. Wilke, Ingenieure beim Sächs. Staatseisenbahnbau. Nebst einem Anhange, enthaltend Reductionstabellen von preußischem und sächsischem Maaß in Metermaaß und umgekehrt, sowie der preußischen und sächsischen Preiseinheiten in Preiseinheiten des Metermaaßes und umgekehrt. Mit neunzehn lithographirten Tafeln. Leipzig. Arnoldische Buchhandlung. 1869.

Bei Entwerfung dieser Normalien ist waagerechtes Terrain, eine Gründungstiefe von höchstens 1 Meter und Mauerwerk von Bruchsteinen, resp. Quadern nebst Abdeckungen aus Platten angenommen. Sie umfassen die Zeichnungen der gewöhnlicheren Durchlässe von 0,2 bis 4,5 Meter Lichtweite und Tabellen über die daraus hervorgehenden und zur Veranschlagung nothwendigen Größen. Offene Durchlässe sind nur für eingeleisige Planie von 4,5 Meter und zweigeleisige Planie von 8 Meter Kronenbreite berechnet. Wie die Herren Verfasser in der Vorrede darthun, ist die Anwendung dieser Normalien auch dann noch ohne besondere Schwierigkeit möglich, wenn auch das Terrain nicht horizontal, sondern geneigt ist; weniger gut dürften sie für verschiedenes Baumaterial, namentlich Ziegel, unmittelbar anwendbar sein, doch kommen in Gegenden des Ziegelbaues wieder seltener stärkere Terrainneigungen vor, so daß die Anwendung dieser Normalien dann immerhin wesentliche Erleichterungen beim Veranschlagen gewährt. Und wer sollte nicht darauf bedacht sein, sich die mühsame Arbeit des Veranschlagens möglichst zu erleichtern? Daher sind wir überzeugt, daß gewiß viele Straßen- und Eisenbahnbau-Ingenieure von dem besprochenen, sehr fleißig gearbeiteten Werke mit großem Vortheile Gebrauch machen werden, und erwähnen noch als eine sehr angenehme Beigabe die angehangenen Reductionstabellen für preußische und sächsische Maaß- und Preiseinheiten in's Metersystem und umgekehrt.

Zirkelzeichnen zum Gebrauche an Gewerbeschulen, Schulen für Bauhandwerker und polytechnischen Vorbildungsanstalten. Von Dr. A. Stuhlmann, Lehrer der öffentlichen Gewerbeschule und der öffentlichen Schule für Bauhandwerker in Hamburg. Ergänzungsheft für Bauhandwerker. Mit 12 lithographirten Tafeln. Hamburg. F. H. Nestler & Melle. 1870.

Wieder liegt uns ein Heft der in dies. Bl. bereits besprochenen systematisch geordneten Zeichenvorlagen für Gewerbeschulen vor, welches sich an den allgemeinen Theil als Ergänzungsheft anschließt und besonders für Bauhandwerker bestimmt ist, indem es Flächenmuster für Fließen und Parquets, Karniese, Gesimse und Wellenlinien, Maaßwerkconstructionen u. dergl. enthält.

Guide pratique de l'Ouvrier Mécanicien. Par M. A. Ortolan, mécanicien en chef de la flotte. Avec la collaboration de M. M. Bonnefoy, Cochez, Dinée, Gibert, Guipont, Juhel, mécaniciens de la marine, ex-élèves des Ecoles d'arts et métiers. Avec un Atlas de 52 planches. Paris. Librairie scientifique, industrielle et agricole. Eugène Lacroix, éditeur. Librairie de la société des ingénieurs civils. 54, rue des Saints-Pères. 1869.

Dieses Werk gehört zu der billigen Bibliothèque des Professions Industrielles et Agricoles, Série G, welche nur kurzgefaßte populäre Lehrbücher über alle mögliche Wissenschaften enthält und bereits gegen 250 Bände umfaßt. Auch der Ouvrier mécanicien bezweckt eine populäre Darlegung der mechanischen Wissenschaften und beginnt mit einem Abriß der Arithmetik, Algebra und Geometrie, um Solche, welche nur mit den vier Species umzugehen wissen, zum Verständniß vorzubereiten. Auf diesen ca. 8 Bogen umfassenden vorbereitenden Theil folgt ein nur wenig stärkerer Abschnitt über

Mechanik, Uebertragung und Abänderung der Bewegung und Festigkeit, während der dritte, 9 Bogen starke Theil die Wind- und Wassermaschinen und der vierte, 10 Bogen starke Theil die Dampfmaschinen behandelt. Für Deutschland hat vorliegendes Werk nur insoweit Interesse, als es durch seine populäre Darstellung der vorgetragenen Gegenstände Nachahmung verdient.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1869. **Band XIII**, Heft 5—8. (Schluß.)

Werner, Explosion durch Ammoniakgas. — In der chemischen Fabrik von Kunheim & Co. in Berlin zersprang ein mit 4000 Pfd. Flüssigkeit gefüllter, 1,88 Meter weiter, 1,41 Meter hoher, 20 Millim. starker gußeiserner Kessel unter Umständen, welche eine neue Bestätigung der Kayser'schen Theorie geben dürften, indem die Explosion dadurch entstanden zu sein scheint, daß durch die Spannung der Dämpfe in dem ganz geschlossenen Kessel ein 78 Millim. weiter Hahnkegel herausgeworfen und durch diese Entlastung eine augenblickliche heftige Expansion der Flüssigkeit hervorgerufen worden ist. Herr Kayser erklärt aber später, daß die beobachtete Explosion einfach durch die geringe Haltbarkeit des Gußeisens bewirkt worden sein möge, und daß er sich gegen die Auffassung verwahren müsse, als habe er behauptet, daß der Schlag einer plötzlich aufschäumenden Wassermasse gegen die vorher über dem Wasserspiegel liegenden Wandungen die Zertrümmerung eines Dampfkessels herbeiführen könne.

Kotzó, Patent-Condensator ohne Luftpumpe. — Bei diesem für eine Corlißmaschine entworfenen Condensator tritt der ausblasende Dampf unmittelbar in zwei unten durch Klappenventile geschlossene, oben mit Injectionsbrausen versehene Räume, welche durch das Injections- und Condensationswasser bei jedem Spiele ganz gefüllt werden, sich aber gegen Ende des Hubes durch die Klappen entleeren. Nach einem beigefügten Diagramme ist die bei diesem doppeltwirkenden Condensator am Ende des Hubes zu verrichtende Compressionsarbeit geringer als der Kraftbedarf einer Luftpumpe; die Injectionsbrausen müssen aber durch eine mit Voreilung arbeitende doppeltwirkende Kaltwasserpumpe gespeist werden.

Lair's Gründungsmethode mit comprimirter Luft — unterscheidet sich von ähnlichen Methoden dadurch, daß die eisernen Röhren ganz wegfallen. Bei einer auf der Eisenbahn von Narbonne nach Perpignan befindlichen Brücke über den Fluß Tat beabsichtigte man in das ausgetrocknete, aber vollständig mit Wasser durchzogene steinige Flußbett für die Brückenpfeiler gemauerte Brunnen mittelst Ausbaggerung zu versenken, mußte davon aber bei 2 Meter Tiefe abstehen, da die Baggerung nicht mehr wirkte, und da auch das Ausschöpfen wegen des starken Wasserzudranges unmöglich war, so befestigte man auf dem in Bruchstein und hydraulischem Mörtel aufgeführten, 4 Meter über das Erdreich hervorragenden Brunnenschachte von 2 Meter innerem und 4 Meter äußerem Durchmesser einen Ring aus I Eisen und eine die Luftschleuse tragende Blechhaube mit Einsteigeklappe, stellte daneben eine von einer Locomobile getriebene Luftpumpe auf und verband die Luftschleuse mit der Luftpumpe durch eine bewegliche, aus 1 Meter langen, 0,2 Meter weiten Blechrohren mit Kautschukmanschetten zusammengesetzte Röhrentour. In diesem Brunnen arbeiteten 2 Mann grabend, 1 Mann füllte die Fördergefäße und 1 Mann stellte sie in die Luftschleuse, welche 3 Kübel auf einmal aufnahm. Da die Mauerung nicht luftdicht war, oder zum mindesten bei der Bewegung nicht luftdicht blieb, so mußten die entstehenden Ritzchen (welche man durch den von einer brennenden Fackel erzeugten und in die Risse gezogenen Ruß erkannte) fortwährend mit Cement verstrichen werden. Bei einem plötzlich an der Luftröhre entstandenen Risse, durch welchen die comprimirte Luft mit einem Knall entwich, sank der Brunnen in Folge des Stoßes plötzlich um 0,1 Meter ein. Nach vollendeter Versenkung wurde das Innere der Schächte 2 Meter hoch mit Beton gefüllt, die Haube abgenommen und der Raum bis zu Tage ausgemauert.

Die Panzerfregatte „König Wilhelm". — Beschreibung dieses größten Panzerschiffes nach dem Engineer, No. 687.

Schmiervorrichtung für Kurbelzapfen. — An dem Kurbelzapfen ist nach Art der Gegenkurbeln ein Schmiergefäß von linsenförmiger Gestalt befestigt, aus welchem das Oel durch ein Röhrchen bis zur Warze gelangt, welche an ihrem Umfange ihrerseits mit einer bis in die halbe Länge reichenden und die Schmiere vertheilenden Schmiernuth versehen ist.

Peters, über Dampfkesselrevisionen. — Eine Commission des Pfalz-Saarbrückener Vereines erblickt die richtige und zeitgemäße Lösung der Dampfkesselrevisionsfrage nur in der Bildung freier Revisionsvereine. Bei der Concessionirung der ersten Anlage möge es verbleiben.

Walzen mit eingegossenem Kern — haben sich bei wiederholten Brüchen zugehöriger Unterwalzen bewährt. Der Einguß von Schmiedeeisen hat sich auch bei der Kolbenstange eines Daelen'schen Hammers dauerhafter gezeigt, als die hohle Kolbenstange, obwohl an sich der schmiedeeiserne Kern nicht viel zur Vermehrung der Festigkeit beitragen kann.

Kirsch, Theorie der Elasticität und Festigkeit dünner Platten. — Eine höchst vorzügliche, in den vorliegenden Heften noch nicht ganz abgeschlossene Abhandlung, deren Studium sehr zu empfehlen ist.

Peipers, über das Martin'sche Verfahren der Gußstahlfabrikation. — Aufzählung der Vorzüge dieses Verfahrens vor dem Tiegelgußstahl- und Bessemerprozesse.

Dihm, über die Verwendung schmiedeeiserner IBalken zu Deckenconstructionen. — In Paris legt man die schmiedeeisernen Balken 0,75 bis 0,85 Meter weit auseinander, verbindet sie in gleichen Entfernungen durch hakenartig eingelegte, 16 bis 18 Millim. im Quadrat starke Queranker, legt auf diese, parallel zu den Balken, in 0,25 bis 0,3 Meter Entfernung schwache, 10 bis 12 Millim. starke Eisenstäbe und füllt den Zwischenraum mit einem Gypsguß aus, nachdem unter den Balken eine provisorische Schalung angebracht worden ist. Solche Decken werden von unten mit

Gypsmörtel verputzt, auf der oberen Seite aber mit 3 bis 4 Centim. starken Fußbodenlagern versehen, auf denen die hohlliegende Dielung befestigt wird. Bekannter ist die Ausfüllung mit Ziegelgewölben, welche aber sehr schwere Decken geben und daher hohe Balkenprofile verlangen. Geringere Uebelstände verursacht die Anwendung poröser Steine, doch ist die nahezu scheitrechte Auswölbung immer mühsam und fällt leicht unsolid aus, auch sind schwer ebene horizontale Deckenflächen herzustellen. Der Herr Verfasser legt daher auf die unteren Flanschen der Balken Staakhölzer mit Strohlehm und darauf parallel zu den Balken die Fußbodenlager, während auf der unteren Seite in der Richtung der Balken Latten gegen die Staakhölzer genagelt und auf diese in der gewöhnlichen Weise die Gypslättchen befestigt werden, gegen welche der Deckenputz angetragen wird. Was die den eisernen Balken zu gebenden Dimensionen anlangt, so hängen dieselben natürlich von dem Eigengewichte und der zufälligen Belastung der Decken ab. Ersteres beträgt bei dem französischen System 270, bei dem Wölbsystem 300, bei Anwendung von Hohlziegeln oder Tuffstein 225 und bei Anwendung der Construction des Verfassers 285 Kilogr. pro Quadratmeter, vermehrt sich aber um 45 Kilogramme, wenn bei dem Wölbsystem mit gewöhnlichen oder Hohlziegeln statt gedielten Fußbodens Pflaster aus Mettlacher Mosaik oder Sohlenhofer Platten verwendet wird. Für die zufällige Belastung rechnet man in gewöhnlichen Wohnungsräumen 75, in Salons und Empfangsräumen bürgerlicher Wohnungen 100, herrschaftlicher Wohnungen 130, in Büreaus und gewöhnlichen Sälen 130, in Versammlungssälen 200 und in Sälen für große Festlichkeiten 270 Kilogr. pro Quadratmeter, so daß die Gesammtbelastung auf 350 bis 600 Kilogr. beträgt. Nach des Verfassers Erörterungen im Jahrgange 1868 der Verhandlungen des Vereines für Gewerbfleiß in Preußen ist der Bruchmodul des I Eisens gleich 33 Kilogr. pro Qu.-Millimeter zu setzen und durch die in unserer Quelle mitgetheilte graphische Darstellung, welche für eine gegebene Spannweite der Balken und eine gegebene Belastung pro Qu.-Meter die ganze Reihe der anwendbaren Profile nebst Angabe der Entfernung von Balkenmitte zu Balkenmitte finden läßt, wird die Auswahl der anzuwendenden Balken außerordentlich erleichtert. Hierbei ist natürlich auch der Durchbiegung Rechnung zu tragen, wofür man $^1/_{400}$ der Länge zulassen kann. Bezüglich der Kosten eiserner Decken im Vergleiche zu hölzernen ist eine allgemeine Vergleichung unmöglich wegen der schwankenden Localpreise. Kosten 1000 Zollpfd. Eisen 36 Thlr. und 1 Cubikmeter Bauholz 14 Thlr., so stellt sich für eine Decke von 5 auf 6 Meter bei 0,785 Meter Abstand der hölzernen, 21 auf 23,5 Centim. starken Balken im Vergleich zu einer eisernen Decke mit Balken vom Profile 5ᵃ der Burbacher Hütte für letztere ein Mehraufwand von 26 Sgr. pro Quadratmeter heraus, wobei aber zu bemerken ist, daß derselbe dadurch herabgezogen wird, daß man keiner Mauerlatten bedarf und wegen der geringeren Höhe der eisernen Balken an Etagenhöhe erspart. Bei gewölbten Decken zwischen Gurtbögen in 2,8 Meter Abstand berechnen sich die Kosten pro Quadratmeter zu 17 Sgr. und bei Anwendung von I Balken, Profil 9ᵃ, auf 1 Thlr. 11,5 Sgr. höher, dieser Mehraufwand wird aber aufgewogen durch den gewonnenen Raum und die Zeitersparniß bei der Ausführung.

Grötschel, Ventilation bewohnter Räume. — Für Wohnungen, Restaurations- und Krankenzimmer werden zwischen oder neben zwei 16 Centim. weiten, quadratischen Rauchröhren bei 23 Centim. unter der Decke runde, 16 Centimeter weite Dunströhren angelegt, welche die im Zimmer nach oben steigende schlechte Luft auffaugen und über Dach in die freie Luft führen. Für ein Zimmer von 288 Cubikmeter Inhalt, in welchem sich 20 bis 30 Menschen täglich aufhalten, genügt ein Dunstrohr. Um Zimmern mit eisernen Oefen oder Luftheizung frische Luft zuzuführen, werden in den Umfassungswänden Canäle hergestellt, welche äußerlich 8, innerlich 31 Centim. über dem Fußboden münden und mit stellbaren Klappen versehen sind. Cloaken werden überwölbt und mit einem bei 24 Centim. unter dem Scheitel angesetzten, bis über das Dach führenden Dunstrohre versehen, welches neben einem Rauchrohre hingeführt und davon nur durch eine 6 Millim. starke gußeiserne Scheidewand getrennt ist.

Schmahel, über Gebläsemaschinen. — Der Herr Vortragende giebt den stehenden Gebläsen mit Schwungrädern den Vorzug vor den liegenden Maschinen, weil sie einen geringeren Grundraum erfordern, größeren Hub gestatten, wodurch der Windverlust herabgezogen wird, eine geringere Abnutzung der Kolben, Cylinder und Stopfbüchsen erfahren und eine gerade Führung der Kolbenstangen genießen. Stehende direct wirkende Gebläsemaschinen ohne Schwungräder sind deshalb minder vortheilhaft, weil bei mehreren zusammenwirkenden Maschinen nicht der volle Hub gegeben werden kann, damit nicht beim Stillstande einer Maschine ein starkes Durchschlagen der Kolben erfolge, hierdurch aber der schädliche Raum sehr vergrößert wird. Um Stillstände zu vermeiden, ist es zweckmäßiger, statt einer einzigen zwei zusammen gleich starke Gebläsemaschinen anzuwenden, obgleich letztere einen etwas höheren Unterhaltungsaufwand verursachen.

Anderssohn, hydraulische Transmissionen. — Der Herr Verfasser berichtet, daß er bei einem 6 Millimeter weiten und 3140 Meter langen Bleirohre den Kolben seiner hydraulischen Röhrenpresse eben so leicht habe heben können, als bei einem blos 16 Meter langen Preßrohre. Bei luftfreiem Wasser und 30 bis 40 Atmosphären Druck pflanze sich der Druck in so engen Röhren ohne Zeitverlust fort.

Berndt, über Nagel's Wassersaugeapparat. — Versuche haben ergeben, daß dieser früher in d. Bl. beschriebene Apparat blos einen Wirkungsgrad = 0,03 besitzt.

v. Peschka, über Popper's Antiincrustator. — Popper bringt in dem Wasserraume der Dampfkessel eine halbkreisförmige Blecheinlage an, welche bis zum Wasserspiegel hinaufragt und sich oben näher (30 bis 35 Millim.) an die Kesselwandung anschließt, als unten (40 bis 44 Millim.), so daß die entwickelten Dampfbläschen in den nach oben enger werdenden beiden Canälen emporsteigen und ein Heben des äußeren Wasserspiegels veranlassen, während durch paarweise, nahe am tiefsten Punkte der Blecheinlage angebrachte, 16 Centim. weite und in Abständen von 0,66 Meter nach der Länge des Kessels vertheilte Circulationsröhrchen immer neues Wasser nachströmt. Sind innere Feuerrohre vorhanden, so werden dieselben ebenfalls mit ähnlich eingerichteten Blechmänteln umgeben. In diesen Blecheinlagen sammelt sich der Kesselstein in pulveriger oder schlammiger Form an und wird in bestimmten Zeiträumen mit den einzelnen, 0,33 Meter breiten Tafeln der Einlage herausgenommen. Daß hierdurch auch eine Kohlenersparniß bewirkt werden wird, dürfte kaum zu bezweifeln sein.

Siemens, über die Fabrikation von Gußstahl unmittelbar aus den Erzen. —

List, über Neuerungen in der Fabrikation von Stahl und Eisen. — Frischprozeß mit Natronsalpeter. Verfahren von Gjers, von Ellershausen, von Ponsard & Boyenval, verbesserter Bessemerprozeß.

Kayser, über Dampfkesselexplosionen. — Interessante Beispiele von Kesselexplosionen, welche sich dadurch erklären, daß durch plötzliche rasche Abnahme des Druckes im Kessel der überhitzte Wasserinhalt einen explosiven Charakter bekam.

Preisausschreiben auf eine Schrämmaschine für den Mansfelder Kupferschieferbergbau. — Ein Preis von 5000 Thlrn. und ein Accessit von 1000 Thlrn. wird von der Ober-Berg- und Hüttendirection zu Mansfeld auf eine Schrämmaschine ausgesetzt, welche billiger arbeitet, als die Handarbeit, leicht fortzubewegen, aber auch festzustellen ist, mit Wasserkraft oder comprimirter Luft getrieben werden kann, einen 26 bis 39 Millim. hohen, bis 261 Millim. tiefen Schram auf dem Liegenden herstellt und nicht über 52 Centim. hoch ist.

Heizversuche mit Steinkohlen von Lancashire und Cheshire. — Bei diesen Versuchen wurde ein Röhrenkessel mit 33,93 Qu.-Meter Heizfläche der Röhren und 40,74 Qu.-Meter Gesammtheizfläche benutzt, das Wasser vorerst bis auf 100° erhitzt und hierauf bei in die Luft blasenden Dämpfen beobachtet, welche Wassermenge durch 500 Kilogr. Steinkohle verdampft wurde. Hierbei wurde der 0,91 Meter breite, 0,524 Meter lange, mit 12 Millim. breiten Rostspalten versehene Rost 0,355 bis 0,380 Meter hoch mit Kohle bedeckt erhalten, in Pausen von 10 bis 16 Minuten mit Mengen von 13 bis 20 Kilogr. Kohle gespeist, und außer den Rostspalten auch noch durch eine durchlöcherte Feuerthüre mit Luft versorgt. 1 Kilogr. Steinkohle (Gewicht des Hektoliters = 86,3 Kilogr.) verdampfte 10,1 bis 10,68 Kilogr. Wasser, wenn pro Stunde 1368 Kilogr. Wasser verdampft und pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche 441,9 Kilogr. Dampf erzeugt wurden. Temperatur der abziehenden Gase 324° C., Zug im Schornstein 10 Millim. Wassersäule. Wurde der Zug durch ein aus einem andern Dampfkessel mit Dampf von 2,11 Kilogr. Spannung pro Qu.-Centim. gespeistes Blasrohr verstärkt, so konnten stündlich 1953 Kilogr. Dampf erzeugt und pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche 441,9 Kilogr. Kohle verbrannt werden, wobei 1 Kilogr. Kohle 10,17 Kilogr. Wasser verdampfte, die abziehenden Gase 372° C. zeigten und die Zugstärke 25 Millimeter Wassersäule betrug.

Ueber Rankine's Regulator. — Bei diesem Regulator sind die Arme der gewöhnlich angewendeten zwei Schwungkugeln rückwärts über den Drehungspunkt hinaus verlängert und tragen in gleichem Abstande zwei gleich große Kugeln, so daß 4 gleiche Schwungkugeln vorhanden sind. Die Stangen der beiden unteren Kugeln sind mit dem Muffe durch ein ohne Zeichnung kaum beschreibbares Gehänge verbunden und andererseits wird der Muff durch ein an einem einarmigen Hebel verschiebbares Gewicht belastet. Wie in unserer Quelle dargethan wird, erfüllt dieser Regulator die Bedingung des Isochronismus nicht ganz, zumal die an den Schwungkugelarmen verschiebbaren Müffe des Gehänges eine sehr schädliche Reibung erzeugen müssen.

Rafferty & Storey's Apparat zum Verlegen von Röhren — besteht aus einem einfachen und bequem zu handhabenden Laufkrahn mit Differentialflaschenzügen.

Billharz, Förderkorb mit Fangvorrichtung von der Grube Altenberg. — Bei dieser Fangvorrichtung ist zur Bewegung der aus vier gezahnten Excentriks bestehenden Fangorgane auf die Verschiedenheit in der Fallgeschwindigkeit des oberen, die Excentrikaxen tragenden und mit einem Fallschirme versehenen Theiles des Apparates gegen den unteren, den Förderwagen tragenden Theil desselben gerechnet, der mehreren Sicherheit wegen sind aber auch noch ein Paar Gummiringe als Federn beigegeben. Der Fallschirm kann zugleich zum Schutz der etwa auf dem Förderkorbe stehenden Arbeiter gegen das niederfallende Seilstück dienen. Dieser sinnreiche Apparat hat bis jetzt noch nicht versagt und ist den Herren Krauß & Kley zu verdanken.

Lehmann, conische Gasbehälterbassins. — Theorie der Festigkeit derartiger Constructionen.

Käßner, Werkzeugmaschinen. — Angaben über die hauptsächlichsten Dimensionen der Plan- und Spitzendrehbänke mit Skizzen.

Ueber Walzwerkbetrieb mit Zwillingsmaschinen ohne Schwungrad — theilt Herr **Blaß** mit, daß der ungünstige Erfolg eines solchen Versuches in Hörde darin zu suchen sei, daß die Maschine keine Umsteuerungsvorrichtung besessen habe und das Schwungrad nicht vollständig abgetragen worden sei; die Ausführung in Crewe mit einer Zwillingsmaschine von 0,762 Meter Cylinderdurchmesser und 1,22 Meter Kolbenhub mit Vorgelege von 1 : 3 sei dagegen vollständig gelungen und dieses System, bei welchem durch Wegfall des Schwungrades allein an Reibung 40 bis 60 Pferdekräfte erspart würden, sei frei von der Gefahr der durch die lebendige Kraft des Schwungrades herbeigeführten Brüche, erspare das Ueberheben der Packete, gestatte rascher und wärmer zu walzen, und breche sich daher in England immer mehr Bahn. Herr **Peters** findet die Angabe der Kraftersparniß übertrieben, da der Zapfenreibungscoefficient $^1/_{10}$ nicht erreichen werde, und die Gefahr durch die Hinzufügung des Vorgeleges eher vermehrt, als vermindert, auch erscheint ihm die Hoffnung auf rascheres Walzen nur illusorisch, da durch das Umsteuern Zeit verloren gehe, und der Gewinn des Wegfalles des Ueberhebens unbedeutend, da derselbe auch durch das Dreiwalzensystem zu erreichen sei. Für letzteres System spricht mit Bezugnahme auf das Hartwichschienenwalzwerk auf der Rothen Erde bei Aachen Herr **Philipps**, wogegen Herr **Wahlkampf** dem Zwillingsmaschinensysteme gleiche Geschwindigkeit vindicirt und als Nachtheil des Dreiwalzensystems hervorhebt, daß das obere Walzenpaar für große Façoneisen zu hoch liege, worin ihm Herr **Petersen** beistimmt, zumal bei dem andern Systeme auch an Material in der Anlage erheblich gespart werde. Herr **Helmholtz** bezeichnete als Schwierigkeit die richtige Wahl der Cylinderdurchmesser, worauf bemerkt wird, daß dieser Uebelstand durch Anwendung der **Stephenson'schen** Coulisse zur Veränderung der Expansion herabgezogen werden könne.

Böcking, Beschreibung einer Kesselexplosion — im Puddelwerke der Herren Karcher und Westermann in Ars sur Moselle, welche dadurch bemerkenswerth ist, daß der explodirte Kessel kurz vorher mit neuen Platten über der Feuerung versehen und bei einer Probe auf 10 Atmosphären dicht befunden, auch 8 Tage vor dem Unfalle erst gereinigt worden war.

Allgemeine Bauzeitung. XXXIII. Jahrgang. 1868/69. Heft 7 bis 10.

Kaufmann, über Tunnelmauerung. — In dieser sehr ausführlichen und lehrreichen Abhandlung bespricht der Herr Verfasser zunächst die Stabilitätsverhältnisse freistehender Gewölbe und bemerkt, daß bei der Halbkreisform, welche bei der Verwendung von Hausteinen benutzt zu werden pflegt, das Gewölbe nur auf Widerstandsfähigkeit gegen das Umkippen berechnet zu werden braucht, daß man dem inneren Kippen am besten dadurch entgegenwirkt, wenn man die Steine gegen den Rücken zu etwas stärker (nicht genau nach dem Fugenschnitt) bearbeitet, daß man dagegen bei Tunnelverkleidungen die Widerlagsquader bis zu 0,5 Meter unter dem Kämpfer etwas unter dem Winkel, dann bis zu einem Winkel von ca. 45° normal, weiter aufwärts bis zu 20° gegen die Lothrechte etwas über dem Winkel und hierauf wieder normal zu bearbeiten hat, daß es unnöthig ist, die Widerlagerstärke größer als die Gewölbstärke zu nehmen, daß es aber bedenklich ist, vom Fundamente aufwärts bis zum Reibungswinkel gemischtes Mauerwerk anzuwenden, wie vielfach geschieht, und daß eine gute Verspannung zwischen Mauerung und Gebirge nicht erspart werden kann. Bei vorhandenem Gebirgsdrucke ist diese Verspannung besonders nöthig, die Herstellung convergirender Widerlager aber nur bei vorhandenem großen Seitendrucke. Am geeignetsten ist das englische Bausystem, wo die Ausmauerung unmittelbar auf das Aushauen folgt. Bei festerem, mit Pulver zu gewinnendem Gebirge ist eine Gewölbestärke von 30 bis 35 Centim., die nach den Widerlagern auf 42 Centim. wächst und sich im Fundament auf 60 Centim. verbreitert, genügend, bei schwerem, leicht verwitterndem und etwas feuchtem Gebirge (Mergel) giebt man im Scheitel 45, in den Widerlagern 50, im Fundamente 70 Centim. Breite, bei sehr schwerem Gebirge im Scheitel 56, im Kämpfer 70 Centim. Stärke. Bei sich aufblähendem Gebirge ist Sohlengewölbe durchaus erforderlich, und dieses ist bei bedeutendem Auftriebe so stark wie das Hauptgewölbe im Scheitel zu machen und nach 1,5 Meter Radius zu krümmen. Sohlengewölbe mit größerem Pfeile besitzen aber mehr Tragfähigkeit und auch für das Tunnelgewölbe ist durch Anwendung überhöhter Bögen mehr Widerstandsfähigkeit zu gewinnen.

Asimont, die Silicate in ihrer Bedeutung als Cemente. — Unter Cement versteht der Herr Verfasser solche dem Mörtel zuzusetzenden Materialien, welche ihm die Eigenschaft ertheilen, unter Wasser zu erhärten. Zu diesen Materialien gehören auch manche Sande und die chemische Wirkung dieser Sande ist nach Ansicht des Herrn Verfassers von überwiegender Bedeutung. Die Cemente sind theils solche, welche eine rasche Erhärtung des Mörtels (24 Stunden nach der Bereitung) bewirken, theils solche, welche zwar chemisch einwirken, aber keine rasche Erhärtung geben (Aftercemente). Krystallinische Silicate können nur Aftercemente sein, zu wirklichen Cementen sind nur amorphe Silicate tauglich, die Cemente müssen ferner neutral oder basisch (nicht sauer) sein, ein zu basisches Silicat geht aber mit Kalk keine chemische Verbindung ein, bildet wenigstens keinen harten Körper; fremdartige Beimischungen sind um so nachtheiliger, je feiner sie vertheilt sind; jedes Silicat ist fast immer aus Einzelsilicaten verschiedener Basen zusammengesetzt, welche eine ungleiche Sättigung besitzen, sodaß für die Cementbildung nicht der gesammte Silicatgehalt, sondern die Tauglichkeit der Einzelsilicate maaßgebend ist; Kalk- und Magnesiasilicate sind keine Cemente, sie können aber ein Mittel sein, aus einem sauren Silicat ein neutrales (einen Cement) zu bereiten, welcher freilich immer von geringerem Werthe sein wird; Alkalisilicate, welche auf den Kalk selbst dann reagiren, wenn sie sauer sind, sind zur Cementbildung nothwendig; Kieselsäurehydrat ist ein guter Cement; Eisenoxyd spielt dieselbe Rolle wie Thonerde und in den besseren Cementen stehen beide Basen im Verhältniß 1 : 2 bis 3 : 7 zueinander. Bei der Bildung von hydraulischem Kalke treten die alkalischen Silicate ihre Kieselsäure an den Kalk ab und werden ausgestoßen, die Kieselsäurehydrate treten einfach in Verbindung mit dem Kalke, wobei das Wasser darin bleibt oder z. Th. austritt, die neutralen Silicate der alkalischen Erden verhalten sich indifferent, die Thonerdesilicate werden auf Drittelsilicate reducirt. Weil der hydraulische Mörtel dem Wasser nicht vollständig widersteht, die Magnesia aber in ihrer Verwandtschaft zur Kieselsäure dem Kalke vorgeht, so wird man einen stabileren Mörtel durch Verwendung von Magnesia statt des Kalkes erhalten, wie schon durch die guten Erfolge mit dem Dolomit wahrscheinlich gemacht wird.

Die Victoriadocks zu London. — Beschreibung und Abbildung der daselbst befindlichen Vorrichtungen zum Heben der Schiffe aus dem Wasser mittelst hydraulischer Pressen, von denen der „Civilingenieur" bereits auf S. 276 des 13. Jahrganges eine Beschreibung gebracht hat.

Heinzerling, die Bildungsgesetze der Formen in der Architektur. — Diese philosophisch-ästhetische Abhandlung, über welche wir hier begreiflicherweise nicht referiren können, ist nicht blos den Architekten, sondern auch den Ingenieurs und Maschinenbauern zum genauen Studium zu empfehlen, da sie den Weg anzeigt, auf welchem allein zu einer stylistisch-correcten Behandlung unserer jetzigen Bauwerke zu gelangen sein dürfte.

Hausding, Locomotivschuppen mit Schwedler'schem Kuppeldache im Görlitzer Bahnhofe. — Ein neunzehneckiges Gebäude mit Drehscheibe in der Mitte, dessen äußerer, 11 Locomotivstände bedeckender Umbau pultdachartig mit geneigten Parabelträgern überdeckt ist, während der innere 31,4 Meter im Durchmesser haltende höhere heraufragende Theil mit einer sich freitragenden schmiedeeisernen Kuppel überspannt ist, welche theils von den Umfassungswänden an den 8 übrigen Feldern des Neunzehnecks, theils durch 10 gußeiserne Säulen getragen wird und aus 19 radialstehenden, am innern Ende an dem Laternenringe, am äußern Ende an dem Umfangsringe fußenden und unter sich durch zwei Zwischenringe abgesteiften Sparren besteht. Diese Ringe haben folgende Durchmesser: der Laternenring 6,277, der erste Zwischenring 15,693, der zweite 23,167 und der Umfangsring 31,385 Meter; ersterer ist 0,144 Meter hoch und 0,013 Meter stark mit angenieteten Winkeleisen von 0,0915 × 0,0915 × 0,013 Meter Stärke, die beiden Zwischenringe sind aus eckweise zusammengestoßenen Winkeleisen von gleichen Dimensionen gebildet und der Mauerring hat auf der Mauer 0,183 × 0,026, wo er auf den Säulen ruht, 0,205 × 0,0196 Meter Querschnitt. Die Sparren sind aus 0,0098 Meter starken Blechen mit oberhalb angenieteten Winkeleisen von 0,065 × 0,065 × 0,0098 Meter Querschnitt gebildet. Die Parabelträger über

den Locomotivständen sind aus ┬ Eisen und Diagonalstreben aus Flacheisen construirt. An die Beschreibung ist eine Theorie der Kuppelflächen und die Berechnung der gegliederten Kuppelsysteme angeschlossen, welche für ähnliche Bauwerke benutzt werden kann. Hierbei ist das Gewicht der Dachfläche zu 35,5 bis 40,6 Kilogr. und das Eigengewicht der Kuppel zu 30,4 bis 35,5 Kilogr., zusammen 71 Kilogr. pro Quadratmeter Grundfläche, die zufällige Belastung zu 101,5 Kilogr. und das Gewicht der Laterne zu 2250 Kilogr. angesetzt. Bei der Aufstellung wurden zunächst die 10 Säulen gerichtet und provisorisch abgesteift, an denselben ein einfaches mit Brettern abgedecktes Stangengerüst hergestellt und die Horizontalverbindungen angebracht. Hierauf wurde der Laternenring auf einem in der Mitte befindlichen Gerüste in bestimmter Höhe festgelagert, eine Reihe von 2 bis 3 nebeneinander liegenden Sparren aufgewunden, am Laternen- und Umfassungsringe verschraubt und das Gleiche auf der entgegengesetzten Seite wiederholt. Die Kosten des Mittelgerüstes betrugen 190, diejenigen der übrigen Aufstellung und Rüstung 500 Thlr.

Benedict, über eiserne Brückenpfeiler. — Uebersetzung der in diesen Bl. bereits erwähnten großen französischen Abhandlung von Nordling mit mehreren Tafeln.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. XXI. Jahrgang, 1869, Heft 6 u. 7.

Ribar, über die Schneeverwehungen am Karst. — Die Kosten für Beseitigung des Schnees betrugen an der Karstbahn im Winter 1860/61 4985, in 1861/62 3660, in 1862/63 40,7, in 1863/64 14000, in 1864/65 7803, in 1865/66 763, in 1866/67 6277 und im Winter 1867/68 13616 Fl., wobei die Auslagen für die Fahrten mit dem Schneepflug noch nicht berücksichtigt sind. Diese betrugen aber beispielsweise auf der Strecke Rakek — Divaca bei 241,54 Pflugfahrten 2415 Fl. Da größere Verwehungen mittelst Pflügen nicht beseitigt werden können, so konnte kein Zug abgelassen werden, bevor nicht von der nächsten Station die Ankunft des Pfluges notificirt wurde. Man gab daher, so lange noch Drehscheiben zum Umkehren fehlten, dem Pfluge eine zweite Maschine mit einem in entgegengesetzter Richtung gestellten Pfluge mit, welcher nach der Ausgangsstation zurückkehren mußte; es mußten aber außerdem auch noch Arbeitskräfte mitgegeben und mußte oft mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden, sollten nicht beide Schneepflüge stecken bleiben. Gegenwärtig verfolgt man das Princip, mit den Pflugfahrten möglichst zeitig zu beginnen, um dem Steckenbleiben der Züge vorzubeugen, vor jedem Zuge bei stärkeren Stürmen eine Pflugfahrt vorzunehmen, resp. eine Pflugmaschine vorzuhängen und den Beamten auf dem Schneepfluge mit Signalen zu versehen, bei der Befürchtung längerer Dauer des Sturmes das am meisten ausgesetzte Gleis zu sperren und an den am meisten exponirten Stellen Arbeiter zur Freihaltung des Geleises zu postiren.

Tinter, Starke's Universal-Nivellirinstrument mit durchschlagbarem Fernrohre. — Bei Instrumenten mit umlegbarem Fernrohre bleiben, selbst wenn die Ringe des Fernrohres äußerst accurat gearbeitet sind, noch Bedenken wegen der Abnutzung der Ringe übrig. Diese fallen bei einem durchschlagbaren Fernrohre mit Ringen weg, dasselbe wird aber leicht unbequem werden, weil gewöhnliche Frauenhofer'sche Fernröhre bei 8 bis 10 Zoll Länge blos 16- bis 20fache Vergrößerungen geben. Bei dem Starke'schen Universalinstrumente ist deshalb die Steinheil'sche Verbesserung des Fernrohres verwendet, welche bei 8 Zoll Brennweite eine 24malige Vergrößerung giebt. Sein Bau ist theodolitartig und die Verbindung mit der Stativplatte so getroffen, daß die Centrirung leicht und sicher zu bewirken ist. Das Instrument besitzt einen in Drittelgrade getheilten Horizontalkreis, an welchem man Minuten ablesen kann, und dessen Alhidade zwei in's Kreuz gestellte Libellen, sowie den säulenförmigen Ständer trägt. Am oberen Ende des Letzteren ist die Drehungsaxe des Fernrohres derart angebracht, daß das Fernrohr centrisch zum Horizontalkreise durchgeschlagen werden kann. Die Fadenplatte des Fernrohres besitzt außer dem Fadenkreuze zwei zum Distanzmessen dienende Horizontalfäden. Am Rohre des Fernrohres befinden sich zwei zum Aufsetzen einer empfindlichen Röhrenlibelle bestimmte Ringe und an dem einen Ende der Axe ein 96 Grade umfassender Drehbogen, dessen Nullpunkt eine genaue horizontale Visur angiebt und welcher bis auf 1 Minute abzulesen und nach beiden Seiten hin Winkel von 48° abzunehmen gestattet. Bei der Messung der Horizontalen, Höhen- und Tiefenwinkel ist dasselbe Verfahren wie bei der Stampfer'schen Meßschraube zu befolgen, bei der Distanzmessung wird die Latte vom Gehilfen mit Hilfe einer Visirvorrichtung senkrecht zur mittleren Visur gehalten und die durch die beiden Fäden der Fadenplatte abgeschnittene Lattenlänge beobachtet, worauf sich die Distanz durch eine einfache Multiplication berechnet. Wie dieses Instrument zu prüfen und zu berichtigen sei, möge der geehrte Leser in unserer Quelle nachlesen.

Weiß, Effectsformel für oberschlägige Wasserräder. — Der Herr Verfasser weist zunächst nach, daß die bekannte Redtenbacher'sche Effectsformel mit der von Zeuner im 4. Bande des „Civilingenieur", S. 93 gelieferten Formel übereinstimme, zeigt aber zugleich, daß die Redtenbacher'sche Approximativformel nicht genügen kann, und stellt eine neue richtigere, aber allerdings etwas complicirtere Effectsformel auf.

Bender, einheitliches Signal für Eisenbahn-Ausweichen. — Nach den Beschlüssen der Dresdner Eisenbahntechniker-Versammlung im Jahre 1865 soll bei feststehenden Signalen die Andeutung bei Tage durch die Form und nicht blos durch die Farbe des Signales gegeben, die rothe Farbe aber ganz vermieden werden. Das hier empfohlene Signal für Ausweichen ist daher so construirt, daß es Pfeilform besitzt und Nachts durch eine im Centrum angebrachte Laterne beleuchtet wird. Dem gegen die Herzspitze anfahrenden Zuge erscheint dasselbe bei Tag und Nacht als weißer Pfeil, welcher nach der Richtung hinweist, nach welcher die Weiche von dem geraden Gleise abzweigt, dem aus der Weiche in die gerade Bahn einfahrenden Zuge aber als doppelter Pfeilspitz, und bei der Einstellung des Wechsels auf die gerade Bahn steht die Pfeilform parallel zur Bahn, wird also vom Zugpersonal nicht gesehen, wogegen dann in der Richtung gegen die Herzspitze ein grünes, und in entgegengesetzter Richtung ein mattweißes Licht sichtbar wird.

Gentilli, über den Suezcanal. — Die Vollendung des Suezcanales kann jetzt nicht mehr in Frage gestellt werden, da für die Arbeiter in bester Weise gesorgt ist und der Gesellschaft ein großartiger Maschinenpark zur Verfügung steht, mit Hilfe dessen die Aushebung rüstig vorschreitet. Auf den

nahezu im Niveau des Meeres liegenden Strecken (Menzalehsee und die Lagunen von Suez) und in der unter dem Meeresspiegel gelegenen Strecke (Timsah- und Bittersee) bedient man sich Baggermaschinen mit 18 Meter langen Schuten, welche Gräben von 20 Meter Breite bilden und das Material am Rande ablagern, wo es nach dem Canale hin durch künstliche Mittel eine Böschung von 2 : 1, nach außen hin aber eine sehr flache Neigung von 4 bis 6 : 100 annimmt. Deshalb hat man die Wasserbreite des Canales von 58 auf 100 Meter vergrößert und den Fuß der Anschüttung 60 Meter von der Axe des Canales entfernt, was Schuten von 70 Meter Länge nöthig gemacht hat. Bei diesen Maschinen liegt die obere Trommel 14,7 Meter über dem Wasser und die halbelliptische 0,6 Meter tiefe und 1,5 Meter breite, 6 bis 8 Proc. geneigte Schute wird durch Gitterträger, welche durch einen Ponton unterstützt sind, getragen. Eine Rotationspumpe gießt Wasser aus, durch welche die von der Baggerkette herausgebrachten Massen in der Schute nach dem Ufer geschwemmt werden, was durch eine in der Letzteren liegende und sich darin bewegende Kette ohne Ende unterstützt wird. Bei höheren Ufern wird der Aushub mittelst sogenannter Elevateurs beseitigt, d. h. transportable, unter 23° geneigte Eisenbahnen, welche bei jedem Baggerschiffe nach beiden Ufern hin angebracht werden, mit dem unteren Ende auf einem Ponton ruhend, mit dem oberen Ende bis 14 Meter über den Wasserspiegel hervorragend und daselbst die Rolle für eine Aufzugskette tragend, durch welche die gefüllten Kasten hinaufgezogen werden, wo sie umkippen. Im hochgelegenen Terrain wird die Ausgrabung durch Handarbeit, aber auch durch sogenannte Excavateurs (eine Art auf Rädern laufender Baggermaschine), bewirkt und die Beseitigung der Massen wie bei Eisenbahnen besorgt, im Timsahsee arbeiten Bagger, deren Aushub durch Klappenschiffe wieder im See versenkt wird, und die Bitterseen haben mehr als die erforderliche Tiefe. Zur Beschleunigung der Arbeiten sind Prämien auf Mehrleistung der Maschinen und gute Instandhaltung derselben gesetzt (vergl. Civilingenieur, Bd. XII, S. 225). Die Dämme der Häfen von Port Saïd und Suez sind fertig und der Termin der ganzen Vollendung wird wohl eingehalten werden. Bezüglich des Erfolges dieses Canales kann nur darüber Zweifel erhoben werden, ob derselbe die erforderliche Weite und Tiefe conserviren werde. Die Rhede von Suez ist der Versandung nicht ausgesetzt und Admiral Tegethoff spricht sich in seinem Berichte über diesen Hafen, das dortige Trockendock und die Schiffbarkeit des rothen Meeres nur befriedigt aus. Bei Port Saïd sind allerdings Sand- und Schlammablagerungen nicht wegzuleugnen, sie sind aber durch den westlichen Hafendamm vom Eindringen in die gebaggerte Einfahrt abgehalten, es haben sich auch seit 1863 in Tiefen über 5 Meter Aenderungen der Sondirungen nicht gezeigt und der Hafen gilt allgemein für einen sicheren. Bezüglich der Verwehung des Canales durch Sand ist constatirt worden, daß dieselben nicht über 10 Cubikmeter pro laufendes Meter und Jahr betragen, also durch eine einzige Baggermaschine beseitigt werden können. Gegen Verwehung des Süßwassercanales wird durch Erweiterung des Profiles und Anlage von kleinen Reservoirs zur Aufnahme der Ablagerungen, sowie durch Tamariskenpflanzungen anzukämpfen sein. Die Uferböschungen halten sich selbst in sandigem Terrain in der Nähe von Port Saïd noch ganz gut, wenn sie nicht steiler als 3 : 1 geböscht sind; es werden also allmälig die Ufer da wieder einstürzen, wo sie steiler sind; man verzögert jedoch diese Aenderung dadurch, daß man die Ufer im Niveau des Wasserspiegels mit Bruchsteinen belegt. Man kann daher hoffen, daß große Schraubendampfer mit ihrer eigenen Maschine ohne Remorqueur den Canal werden passiren können, indem für ein vollständiges Beleuchtungssystem bei Nacht Sorge getragen wird.

Mayer, über entlastete Schieber. — Der Herr Verfasser empfiehlt nach eigenen Erfahrungen den Nasmyth'schen Entlastungsschieber, bei welchem sich der Vertheilungsschieber in einem ihn auf drei Seiten dicht umschließenden und ebenfalls auf den Schieberspiegel aufgeschliffenen Kästchen bewegt, welches in dem gewöhnlichen Schieberkasten liegt, sowie eine zweite, von ihm selbst im Jahre 1859 angegebene Construction, bei welcher der Dampf aus dem Innern des Schiebers in die Canäle ein- und durch die Schieberkasten austritt, der Schieber oben und unten offen ist und auf der Rückseite mittelst einer einen cylindrischen Aufsatz tragenden, durchbrochenen Deckplatte entlastet wird. Ein dem 20. Theile der Schieberfläche entsprechender Druck soll zur Dichtung des Schiebers und Entlastungsdeckels hinreichen. Die erste Art Schieber ist bereits mit Vortheil für hydraulische Hebeapparate mit 20 und mehr Atmosphären Druck angewendet und selbst bei 40 bis 50 Atmosphären Druck noch leicht beweglich gefunden worden.

Thamm, Mineralöl zum Schmieren der Wagen und Transmissionen. — Bei der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn hat man im Jahre 1868 1440 Zollctr. Mineralöl verbraucht, was 0,3039 Pfd. pro Zugsmeile, oder 0,0519 Pfd. pro 1000 Meilen Ctr. oder 0,0047 Pfd. pro Axmeile beträgt, also gegen den durchschnittlichen Bedarf an Rüböl (0,0067 Pfd. pro Axmeile) ca. 30 Proc. Ersparniß ergiebt. Die Mineralöle sind übrigens 20 Proc. billiger als Rüböl. An den Lagerfuttern und Axhälsen zeigte sich nichts Nachtheiliges, auf 15500 zurückgelegte Axmeilen kam 1 heißes Lager. Die Kissen aus Hobelspänen, welche bereits in der Becker'schen Abhandlg. (vgl. d. Bl. Bd. XIV, S. 16) beschrieben sind, bewähren sich sehr gut und sind nicht nur in der Anschaffung billiger, als Kissen aus Baumwollabfällen, sondern auch dauerhafter. Auch für Transmissionslager ist die Schmierung mit Mineralöl vortheilhaft, indem ein Lager mit 90 bis 120 Umdrehungen pro Minute in 10 Arbeitsstunden täglich pro Monat blos 0,156 Pfd. Oel verbraucht.

Sprengversuche mit Dynamit. — Vor einer aus Officieren, Ingenieurs und Technikern zusammengesetzten Commission wurden durch den Vertreter der Firma Nobel & Co. in Hamburg zu Hütteldorf bei Wien verschiedene interessante Versuche mit Dynamit abgeführt, welche zunächst zeigten, daß das Dynamit beim Transport starke Stöße erfahren kann, ohne zu explodiren und daß es nicht durch Anzünden, noch durch Zündschnur, sondern nur durch die Zündhütchen zum Explodiren zu bringen ist, außerdem aber zahlreiche Belege für die außerordentliche Wirkung dieses Sprengmittels lieferten. 3 Loth davon locker aufgehäuft auf einer zweizölligen Pfoste und explodirt, schlagen dieselbe durch, dasselbe thut ½ Zollpfd. Dynamit mit einer 4 Linien starken Schmiedeeisenplatte. Ein 8 Zoll starker, 13 Zoll langer Schmiedeeisencylinder, welcher in der Axe mit 10 Linien Weite durchbohrt war, wurde ohne Verdämmung mit Dynamit gefüllt und durch den magnetoelektrischen Apparat explodirt, wobei er in 2 Theile zerriß, in der ganzen Masse ausgebaucht und in der Bohrung erweitert wurde.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem fünfzehnten Bande des

Civilingenieur.

№ 8.

Literatur.

Die Maschinenfabrikation. Entwurf, Kritik, Herstellung und Veranschlagung der gebräuchlichsten Maschinenelemente. Von H. v. Reiche, Hüttenmeister in Zedlitz. Erster Band. Mit 18 lithographirten Tafeln. Leipzig. Verlag von Arthur Felix. 1869.

Wir begrüßen in diesem, aus der Feder eines unserer geschätztesten Mitarbeiter hervorgegangenen Buche ein Werk, dem wir die weiteste Verbreitung wünschen, da es die zeither noch nirgends eingehender beschriebenen Methoden der Anfertigung und der Calculation der Maschinentheile zum hauptsächlichsten Gegenstande seiner Betrachtungen gemacht hat. Angehende Techniker finden also hier eine Anleitung zum rationellen Construiren, wie sie nur ein erfahrener Maschinenmann zu geben vermag, sie erhalten ferner eine Menge werthvoller Erfahrungssätze mitgetheilt über die Kosten der Anfertigung der Maschinentheile und über deren Veranschlagung, und sie werden durch das Studium dieses Werkes in Stand gesetzt werden, den üblichen praktischen Curs in einer Maschinenbauanstalt mit ganz anderem Erfolge zu absolviren, als ihnen dies zur Zeit möglich gewesen ist. Der vorliegende erste Band behandelt zunächst die Maschinenbau-Materialien, dann die Festigkeit der Materialien und die zulässige Inanspruchnahme der Maschinentheile (ein Abschnitt; der sehr reich ist an wohl zu beherzigenden Bemerkungen), drittens ganz kurz den Styl der Maschinen und viertens die bei der Calculation zu befolgenden Principien, während im fünften Abschnitte von der Verbindung der Maschinentheile und im sechsten von der Transmission der rotirenden Bewegung ausführlich die Rede ist. Da der Herr Verfasser nirgends blos einfach reproducirt und anderweit empfohlene Constructionen aus purem Autoritätsglauben ohne weitere Kritik für gut ansieht, so wird dieses Werk nicht nur für Anfänger, sondern selbst für geübtere Constructeurs noch hinreichenden Stoff zum Nachdenken, resp. zur Nachahmung bieten. Die äußere Ausstattung des Textes und der Tafeln ist durchaus lobenswerth und so hegen wir nur noch den Wunsch, daß dieses vorzügliche Werk uns recht bald vollendet vorliegen möge.

Das Wasserwerk der Stadt Braunschweig, nebst Angaben über Bau, Betrieb und die verschiedenen Methoden von Wasserleitungen für Städte u. s. w. Von W. Clauß, Ingenieur in Braunschweig. Mit 5 Tafeln Zeichnungen und mehreren in den Text eingedruckten Holzschnittten. Besonderer Abdruck aus der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereines zu Hannover. Band XV., Heft 1. Hannover. Schmorl & Seefeld. 1869.

Durch diesen Separatdruck wird dem größeren Publikum eine sehr gründliche und interessante Beschreibung der Wasserversorgung der Stadt Braunschweig nebst Angaben über den Betrieb, Tarife, Anlagskosten u. s. w. zugänglich gemacht, welche ursprünglich in der Zeitschrift des Hannover'schen Architekten- und Ingenieur-Vereines erschienen ist. Diese Schrift enthält aber nicht nur die eingehende Beschreibung der Einrichtungen und des Baues der fraglichen Anlage, sondern sie verbreitet sich in ihrem zweiten Theile auch über die sonst noch angewendeten verschiedenen Methoden der Wasserversorgung und wird somit zu einem vorzüglichen Rathgeber für Magistrate und Ingenieure, welche ähnliche Anlagen zu entwerfen und auszuführen haben.

Die Schule des Maurers. Praktisches Hand- und Hilfsbuch für Architekten und Bauhandwerker, sowie für Bau- und Gewerbsschulen. Von B. Harres, weil. Großherz. Hess. Baurath und Lehrer der Architektur an der ehemaligen höheren Gewerbschule in Darmstadt. In dritter Auflage herausgegeben von dessen Sohn Architekt Eduard Harres. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Erster Theil. Mit 295 Abbildungen, nach Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten. Leipzig. Verlag von Otto Spamer. 1870.

Die Schule der Baukunst aus dem Spamer'schen Verlage genießt eine so weite Verbreitung und einen so guten Ruf, daß sie eigentlich einer weiteren Empfehlung gar nicht bedarf. Was den vorliegenden Theil anlangt, so ist die dritte Auflage gegen die frühere mehrfach ergänzt und namentlich durch die Abschnitte über Cementarbeiten und steinerne Fußböden, sowie über die gewöhnlicheren Feuerungsanlagen in Wohngebäuden bereichert, wodurch auch die Zahl der trefflichen Holzschnitte eine wesentliche Vermehrung erfahren hat. Der zweite Theil, dessen baldiges Erscheinen in Aussicht gestellt ist, wird die Feuerungs-, Heizungs- und Ventilations-Anlagen behandeln, wie sie im Fabrikbetrieb u. s. w. vorkommen.

Die Brücken in Eisen. Baumaterial, technische Entwickelung, Construction und statische Berechnung der eisernen Brücken. Für Ingenieure, Eisenbahntechniker und technische Lehranstalten bearbeitet von Dr. F. Heinzerling, Ingenieur und ordentlichem Professor der Bau-

und Ingenieur-Wissenschaften an der Universität Gießen, vormaligem Sectionsingenieur der Hessischen Ludwigseisenbahngesellschaft. Mit über Tausend Abbildungen, nach den Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten durch die artistische Anstalt von Otto Spamer in Leipzig. Erste Abtheilung. Leipzig. Verlag von Otto Spamer. 1870.

Der Verfasser des vorgenannten Werkes ist unsern Lesern bereits durch seine Abhandlungen im 13. und 14. Bande des Civilingenieur vortheilhaft bekannt und hat weiter durch eine in der Wiener Bauzeitung, 33. Jahrg., veröffentlichte historische Uebersicht über die Anwendung des Eisens zu Brückenbauten u. s. w. seine vorzügliche Befähigung zur Abfassung eines Werkes über eiserne Brücken documentirt; die Verlagshandlung hätte also für das vorliegende Werk keinen geeigneteren Verfasser finden können und hat ihrerseits das Möglichste gethan, dasselbe entsprechend auszustatten. In der vorliegenden ersten Abtheilung, welche ungefähr die Hälfte des Werkes erfüllt, wird von den Baumaterialien und insbesondere dem Eisen und Stahl, deren Verarbeitung, Eigenschaften, Prüfung und Conservirung, namentlich in Bezug auf den Brückenbau gehandelt, und dann die Geschichte und Darstellung der eisernen Brücken in höchst ansprechender und lehrreicher Weise vorgetragen, indem zunächst die verschiedenen Systeme der gußeisernen, dann der aus Guß- und Schmiedeeisen zusammengesetzten, und drittens der schmiedeeisernen Brücken mit Hilfe guter Abbildungen und in chronologischer Reihenfolge vorgeführt und an ihre Beschreibung Schlußfolgerungen über ihre Anwendbarkeit, Anordnung und Construction angeknüpft werden. Die dritte Abtheilung des Buches wird endlich die bei der Berechnung der eisernen Brücken in Betracht kommenden angreifenden Kräfte und die Construction und statische Berechnung der eisernen Brücken selbst bringen, so daß vorliegendes Werk ohne Zweifel ein dem heutigen Standpunkte des eisernen Brückenbaues entsprechendes compendiöses Hand- und Nachschlagebuch werden wird.

Theorie der Bewegung und der Kräfte. Ein Lehrbuch der theoretischen Mechanik, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse technischer Hochschulen bearbeitet von Dr. Wilhelm Schell, Professor am Polytechnikum zu Carlsruhe. Mit vielen in den Text gedruckten Holzschnitten. Dritte Lieferung. Leipzig. Druck und Verlag von B. G. Teubner. 1869.

In dieser Lieferung des vorgenannten ausgezeichneten Lehrbuches wird dessen dritter Theil, die Theorie der Beschleunigungen zu Ende gebracht und die Theorie der Kräfte begonnen. Ohne des Näheren auf diese gelehrte Arbeit eingehen zu wollen, was wir gewiegteren Federn überlassen müssen, mögen wir doch die Bemerkung nicht unterdrücken, daß auf dem Gebiete der theoretischen Mechanik ein zweites Werk von gleich hohem wissenschaftlichen Werthe kaum existiren dürfte.

Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte auf den Gebieten der Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie. Herausgegeben von Dr. H. Hirzel, Professor an der Universität und H. Gretschel, Lehrer der Mathematik zu Leipzig. Fünfter Jahrgang. Mit 43 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig. Verlag von Quandt & Händel. 1869.

Ueber dieses beliebte Jahrbuch haben wir besondere Bemerkungen nicht zu machen. Sein Hauptinhalt besteht in den neuesten Fortschritten auf den Gebieten der Chemie und chemischen Technologie, der Physik und Meteorologie, während über Mechanik und mechanische Technologie nur Weniges zu berichten gewesen ist. Im Uebrigen ist Ziel und Haltung des Jahrbuches dieselbe geblieben; es verschafft Jedem die Gelegenheit, sich ohne Mühe und Zeitverlust in den neuesten Erfindungen der auf dem Titel genannten Wissenschaften zu orientiren.

Studien über ausgeführte Wiener Bau-Constructionen, aufgenommen und autographirt von Johann Wist, Assistent der Lehrkanzel für Hochbau am k. k. Polytechnikum zu Wien. Band I, Lieferung 1. Wien 1870. Lehmann & Wentzel. Buchhandlung für Technik und Kunst. Kärntnerstr. 40.

Eine sehr schätzbare Sammlung von skizzenbuchartig gehaltenen Zeichnungen interessanter Hochbauconstructionen aus Wien mit eingeschriebenen Maaßen und genügenden Details, um darnach brauchbare Werkzeichnungen entwerfen zu können. Der Werth dieser Sammlung wird noch dadurch erhöht, daß der Text Nachweise über Materialbedarf, Kosten, Berechnungen u. dergl. enthält, und daß die äußere Ausstattung bei einem verhältnißmäßig billigen Preise eine sehr ansprechende und würdige zu nennen ist. Das vorliegende erste Heft enthält den eisernen Dachstuhl über dem Kesselhause und denjenigen über dem Bühnenraume des Opernhauses in Wien, Ansicht und Grundriß des astronomischen Observatoriums des polytechnischen Institutes daselbst, ein Schwedler'sches Kuppeldach für ein Gasometerhaus und Details zur Centralmarkthalle, woraus zugleich zu ersehen ist, von welchen Bauwerken die nächsten Hefte handeln werden.

Ingenieur-Kalender für Maschinen- und Hüttentechniker. 1870. Eine gedrängte Sammlung der wichtigsten Tabellen, Formeln und Resultate aus dem Gebiete der gesammten Technik, nebst Notizbuch. Unter gef. Mitwirkung mehrerer Bezirksvereine des Vereines deutscher Ingenieure bearbeitet von P. Stühlen, Ingenieur und Eisengießereibesitzer in Deutz. Fünfter, für Fuß- und Metermaaß bearbeiteter Jahrgang. Essen. Druck und Verlag von G. D. Bädecker.

Als besonders bemerkenswerth an der diesmaligen Auflage des beliebten Ingenieur-Kalenders ist hervorzuheben, daß darin neben dem preußischen Maaßsysteme auch dem nunmehr bald in Norddeutschland zur Geltung kommenden Metersysteme Rechnung getragen, ein Theil der Tabellen also ebenso wie die Formeln u. s. w. für beide Maaßsysteme berechnet ist, ohne daß dieserhalb das Volumen des Buches größer geworden wäre. Für die Periode des Ueberganges zum Metersystem sind auch die beigefügten ausführlichen Reductionstabellen von großem Werthe.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XIX, 1869, Heft 8 bis 12.

Beyer, Gasanstalt für die Königl. technischen Institute der Artillerie in Spandau. — Da die hier beschriebene Gasanstalt am rechten, die Werkstätten aber auf dem linken Spreeufer liegen, so war die Gasrohrleitung durch die Spree hindurchzuführen, was in Gemeinschaft mit einer 31,4 und einer 21 Centim. weiten Wasserrohrleitung in folgender Weise bewirkt worden ist. Zunächst wurde mit Baggermaschine eine Rinne quer durch den Strom ausgebaggert und mittelst eingerammter Pfähle eine Rüstung mit 9,3 Meter weiter Durchfahrt hergestellt, deren untere Querholme zur Lagerung der Rohre dienten, während auf den oberen Querbalken die Windevorrichtungen standen. Die Rohre waren in Schmiedeeisen aus 8 Millim. starkem Bleche, 6,9 bis 12,5 Meter lang mit abgedrehten Flanschen ausgeführt und auf 10 Atmosphären geprüft, wurden auf dem Gerüste mit zwischengelegten, in Asphalttheer getränkten Pappringen verschraubt und dann mittelst Hebeböcken mit doppeltem Vorgelege versenkt, wobei die Kurbelumdrehungen nach Commando erfolgten. Hierbei dienten die Pfähle zur Leitung. Nach der Versenkung und Zufüllung der ausgebaggerten Rinne wurden die 15,7 Centim. weiten Gasrohre auf $1/4$, die 21 Centim. weiten Wasserrohre auf 3 und die 31,4 Centim. weiten Wasserrohre auf 1 Atmosphäre geprüft und dicht befunden. Für die technischen Institute der Artillerie sind ca. 1520 Gasflammen erforderlich, welche in $6^1/_2$ Brennstunden ca. 1546 Cubikmeter Gas consumiren. Da die jetzt üblichen ⊃förmigen Thonretorten (52 Centim. weit, 39 Centim. hoch, 2,51 Meter lang) in 24 Stunden 154 bis 216 Cubikm. Gas liefern, so ist ein Ofen mit 6 und einer mit 3 Retorten für den stärksten Betrieb, außerdem aber auch noch ein Retortenofen mit 3 und einer mit 1 Retorte eingerichtet worden. Das sich hier entwickelnde Gas verdichtet sich zunächst schon etwas in den Vorlagen und gelangt dann in zwei 1,569 Meter weite, 3,139 Meter hohe Scrubber mit 12 Blechsieben, in welche durch eine Brause Wasser eingeführt werden kann, und aus denen der niedergeschlagene Theer mit dem Ammoniakwasser nach der Theercisterne abläuft. Aus den Scrubbers wird das Gas durch einen Beale'schen Exhaustor nach dem Wäscher geschafft, und damit dieser Exhaustor stets mit der erforderlichen Geschwindigkeit arbeite, ist mit demselben ein die Drosselklappe der Dampfmaschine regierender Regulator und ein sogenannter Bypaß angebracht, welcher dem Exhaustor einen Theil schon einmal angesogenes Gas zuführt, wenn er sonst zu langsam arbeiten müßte. In dem Waschapparate, dessen Wasserfüllung bei stärkstem Betriebe alle 2 bis 3 Tage erneuert werden muß, setzt das unter einem Drucke von 13 bis 26 Millim. Wassersäule durch das Wasser streichende Gas den Rest des Theeres und den größten Theil des Ammoniaks, sowie sonstige ölige Flüssigkeiten ab, und gelangt dann mittelst des Clegg'schen Wechselhahnes in die trockenen Reiniger, von denen drei vorhanden sind, damit das Gas zuerst durch einen schon halb abgenutzten und dann durch einen frisch mit Laming'scher Masse (Eisenvitriol und Aetzkalk, mit Sägespänen und Wasser gemischt) beschickten Kasten gehen kann. Jeder Kasten ist mit soviel Hordenfläche versehen, daß auf 100 Cubikm. Gas 0,24 Qu.-Meter Hordenfläche kommen. Das gereinigte Gas passirt nun eine Gasuhr von 0,773 Cubikm. Inhalt, welche bei 100 Umdrehungen pro Stunde täglich 1855 Cubikm. Gas zählen kann, und gelangt dann in das Gasometer, dessen Rauminhalt sowohl der Differenz zwischen der stärksten Consumtion und der Production, als der stärksten Production zwischen den Consumtionsperioden entsprechen muß und hier zu 927,5 Cubikm. fixirt ist. Die Gasometerglocke hat 5,65 Meter Höhe, 13,75 Meter Durchmesser und steht frei. Zum Aufbewahren der Steinkohlen ist ein Schuppen für 6060 Hektoliter Kohlen vorgerichtet. Die Preise der wichtigsten Apparate, sowie verschiedene Grundrisse und Durchschnitte der Gebäude sind beigefügt.

Steinhaus, Bau- und Geraderichtung eines hohen Schornsteines. — Zu der chemischen Fabrik von Wesenfeld & Co. in Barmen gehört ein 103,88 Meter hoher Schornstein, dessen lichter Querschnitt im Fundamente und an der Mündung (achteckig) 5,22 Qu.-Meter, und dessen Mauerstärke, sich nach oben auf je 10 Meter um ca. 0,2 Meter vermindernd, im Sockel 7, im untern Theile des pyramidalen Aufbaues 5 und am Schornsteinkopfe (excl. Ausladung) $1^1/_2$ und 2 Steine beträgt. Vorausgesetzt daß sich der Druck dieses kühnen Bauwerkes auf den ganzen Sockelquerschnitt gleichmäßig vertheilt, so beträgt die größte Pressung im Mauerwerke 10,83 Kilogr. pro Qu.-Centim. und der Druck auf die Bausohle 3,5 Kilogr. pro Qu.-Centim. Letztere bestand aus zuverlässigem Kiesgrunde. Der Bau der Pyramide wurde von innen aus bewirkt und war an einen Maurer zu 12 Thlr. $22^1/_3$ Sgr. pro lauf. Meter verdungen, wovon die beiden, das Material herbeischaffenden und der oben auf dem Schornsteine beschäftigte Handlanger zu bezahlen waren. Der Bau dauerte von Anfang April bis Anfang October und wurde durch eine Dampfaufzugmaschine bedient. Die Maurer wechselten täglich in bestimmter Reihenfolge ihre Stellung, auch wurde auf gleichförmige Vertheilung des Druckes des oben aufgestellten Fördergerüstes besondere Aufmerksamkeit verwendet. Pro Stunde wurden durchschnittlich 60 bis 70 Ziegel von einem Maurer versetzt und hiernach war die Dampfaufzugsmaschine berechnet, welche mit 3,94 Meter Geschwindigkeit arbeitete. Der Schornstein war tadellos ausgeführt und bewährte sich vom October 1867 bis zum stürmischen Frühjahr 1868 vollkommen, wo er ziemlich plötzlich nach NO. aus dem Lothe wich. Als Ursache für diesen Unfall konnte man nur die Wirkung der heftigen Südweststürme erkennen, da diese bei dem kühnen Höhenverhältniß und dem schweren Schornsteinkopfe wohl im Stande waren, die im Mörtel noch nicht erhärtete Mauermasse aus der lothrechten Richtung zu drängen. Um den Schornstein wieder gerade zu richten, wurde auf der zu senkenden Seite mit vierkantigen zugespitzten Stangen aus Gußstahl abtheilungsweise eine Steinschicht herausgebrochen und allemal vor Beginn der nächsten Abtheilung wieder durch dünnere, mit Traßmörtel belegte, mittelst einer langstieligen Schaufel eingeschobene Steine ersetzt. Da der alte Mörtel schon ziemlich erhärtet war, so konnten Abtheilungen von 0,6 bis 0,75 Meter Breite auf einmal weggenommen werden, ohne daß sich die darüber liegenden Steine merklich setzten. Eingesetzte Keile gaben das Anzeichen, ob solche Senkungen eintraten. Natürlich wurde der Schlitz nach den beiden Stellen des Umfanges hin, welche rechtwinklig zur Neigungsebene lagen, allmälig etwas verengert.

Die Wiedereinrichtung des Schornsteinkörpers erfolgte in schwachen Oscillationen, und erst nach 18 bis 36 Stunden trat Ruhe ein. Bei dem obersten Spalte, 31,4 Meter unterhalb der Mündung, betrug die Schwankung 2 Centimeter, um wieviel sich der Spalt bald öffnete, bald verengte. Es wurden überhaupt vier derartige Spalte hergestellt, der unterste 1,25 Meter über dem Sockel, der zweite 31,5, der dritte 44, der vierte 60 Meter über demselben und es betrug in diesen Spalten die größte Weite, nachdem die halbe Schicht vollständig herausgebrochen war, resp. 10, 33, 39 und 45 Millimeter. Das Verfahren gelang vollständig und der heftige Sturm vom 7. Dec. 1868, welcher mehrere Schornsteine umwarf, kann als beste Probe dafür gelten. Höchst bemerkenswerth ist noch das Gerüst, welches behufs dieser Arbeiten aufgeführt wurde. Hierzu wurden 1,8 Meter lange Stangen aus quadratischem Eisen durch hölzerne Keile 0,89 Meter tief im Mauerwerke befestigt, auf diese Breter gelegt und an ihren Enden senkrechte Rundeisenstäbe eingenietet, welche zur Herstellung eines Geländers dienten. Zur Herstellung einer höheren, 2,5 Meter darüber liegenden Bühne wurde bei 1,25 Meter ein provisorisches Gerüst angeordnet, welches dann wieder demontirt wurde. Alle 4 Schnitte wurden von Ende Mai bis Anfang August 1868 ausgeführt und kosteten an Arbeitslohn 600 Thlr., incl. des Materialabganges etwa 750 Thlr. Derartige Richtungsarbeiten sind sobald als möglich vorzunehmen, weil bei noch nicht erhärtetem Mörtel sich der Zustand täglich verschlimmert. Um Neigungen der Schornsteine zu vermeiden, muß man guten Grund suchen, die erste Steinschicht aus großen lagerhaften Steinen in Mörtel, oder Ziegeln in Cementmörtel ausführen und hierauf das Fundament bis zur Landsohle in schmalen und niedrigen Abtreppungen aufführen, man muß ferner die Außenseite durch Ausfugen mit Cementmörtel gegen die Witterungseinflüsse schützen, nur guten Mörtel in dünnen Lagen und möglichst dicke Steine verwenden, bei ungünstiger Witterung durchaus mit gutem Cementmörtel arbeiten oder wenigstens in Abständen von 4,5 bis 6 Meter Cementmauerwerk einfügen.

Schwedler, Dach- und Deckenconstruction über dem Festsaale des neuen Rathhauses zu Berlin. — Die Decke ist eine Casettendecke von 28,5 Meter Länge und 14,75 Meter Breite mit drei großen runden Oeffnungen, deren Casetten durch Holzbalken gebildet sind, welche theils auf den Umfangsmauern ruhen, theils an zwei Blechbalken aufgehängt sind. Letztere liegen parallel zu den langen Seiten des Saales und 3,6 Meter zu beiden Seiten der Mitte, sind unter sich wieder durch 6 Querbalken verbunden und an der Dachconstruction aufgehangen. Für die Lage der Dachgebinde war die Pfeilertheilung der Hauptfrontmauern maaßgebend, weshalb 6 Stück in drei Paaren angeordnet sind. Die Construction ist ein Dreiecksystem, dessen Spitze durch Zugbänder die Last der Deckenträger aufnimmt, während die Last der Dachflächen durch Systeme zweiter Ordnung auf die Lastpunkte und die Auflage des Systemes erster Ordnung übertragen wird. Je zwei Bänder sind durch Querverbindungen und Diagonalen zwischen den oberen Gurtungen gegeneinander abgesteift und die weitere Verbindung bewirken die Holzfetten.

Schwedler, Dach- und Deckenconstruction über dem Stadtverordneten-Saale im neuen Rathhause zu Berlin. — Dieser Saal befindet sich in einem Raume von 15 Meter Länge und 22 Meter Tiefe und besitzt selbst 15 Meter im Quadrat. Da sich darüber ein durch Oberlicht beleuchtetes Local befindet und die Zwischendecke keine genügende Constructionshöhe bot, so ist die Unterstützung durch zwei 23,853 Meter lange eiserne Dachgebinde in 5,022 Meter Abstand von einander bewirkt, welche auf den Frontmauern aufruhen. An diesen Hauptgebinden, welche eine 10,048 Meter breite und 23,853 Meter lange Dachfläche tragen, hängen die beiden Zwischendecken mittelst 4 Hängeeisen. Diejenige über dem Stadtverordnetensaale besteht aus der Casettendecke und dem darüberliegenden Fußboden des oberen, zu einem Museum bestimmten Raumes und ihre Belastung ist zu 1269 Pfund pro Qu.-Meter anzusetzen. Die Eisenconstruction hat überhaupt 2416 Ctr. zu tragen und wiegt im Ganzen 384,75 Ctr.

Herschel, neuer Apparat für Stromgeschwindigkeitsmessungen. — Bei den Wassermessungen an den großen nordamerikanischen Seen wurde ein verbesserter Woltmann'scher Flügel benutzt, mit welchem zu jeder Tageszeit und beliebig lange hintereinander beobachtet werden konnte, ohne daß der Flügel heraufgehoben zu werden brauchte. Dieses Instrument besitzt 4 halbkugelförmige Flügel (nach Art des Robinson'schen Anemometers) und an seiner Welle befindet sich ein kleiner Arm, der bei jeder Umdrehung an einen feinen Silberdraht streift, wodurch die Umgänge telegraphisch an den über Wasser befindlichen Zählapparat übertragen werden. Dieser Flügel wird an einem durch ein Gewicht beschwerten Taue befestigt und von einem Boote aus versenkt. Er ist von D. Farrand Henry, Assistenten des Survey of the North and the Northwestern Lakes, angegeben und vielfach in den fünf Flüssen benutzt, welche die Seen verbinden. Die Coefficienten dieses Instrumentes wurden dadurch bestimmt, daß man dasselbe unter einem Boote befestigte und Letzteres mit verschiedener Geschwindigkeit auf einem Teiche an einem Taue durch eine Strecke von 150 Meter Länge zog.

Lipke, Straßenwalze von Lehmann & Kotzer. — Zeichnung und Beschreibung dieser Chausseewalze, deren in d. Bl. schon mehrfach gedacht ist. Sie kostet (bei 1,41 Meter Höhe und 1,05 Meter Mantelbreite, 80 Ctr. schwer) franco Chemnitz 560 Thlr. und bei 1,57 Meter Höhe, 1,15 Meter Breite und 105 Ctr. Gewicht 753 Thlr.

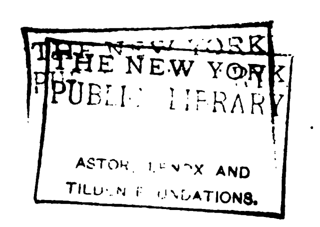
Lippold, Theorie der eisernen Pfeiler. — Kurze Anleitung zur Berechnung gußeiserner Brückenpfeiler, bei welcher auch der Neigung der Pfosten gebührend Rechnung getragen wird, auf welche Nördlinger in seiner in d. Bl. auch citirten Abhandlung nicht näher eingeht.

Riemann, Ausfluß des Wassers aus rectangulären Mündungen in der verticalen Wand. — Interessanter Versuch, das Ausflußgesetz der Wasserstrahlen theoretisch zu begründen.

Honorare für Architekten. — Die von der im September 1868 stattgefundenen Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure angenommenen Normen für die Berechnung des Honorares für architektonische Arbeiten.

Stürtz, Reparatur des Swinemünder Leuchtthurmes. — Bei dieser Reparatur wurde ein billiges Hängegerüst angewendet, dessen Aufhängung dadurch erschwert wurde, daß die Laterne nicht berührt werden durfte.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.










THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY



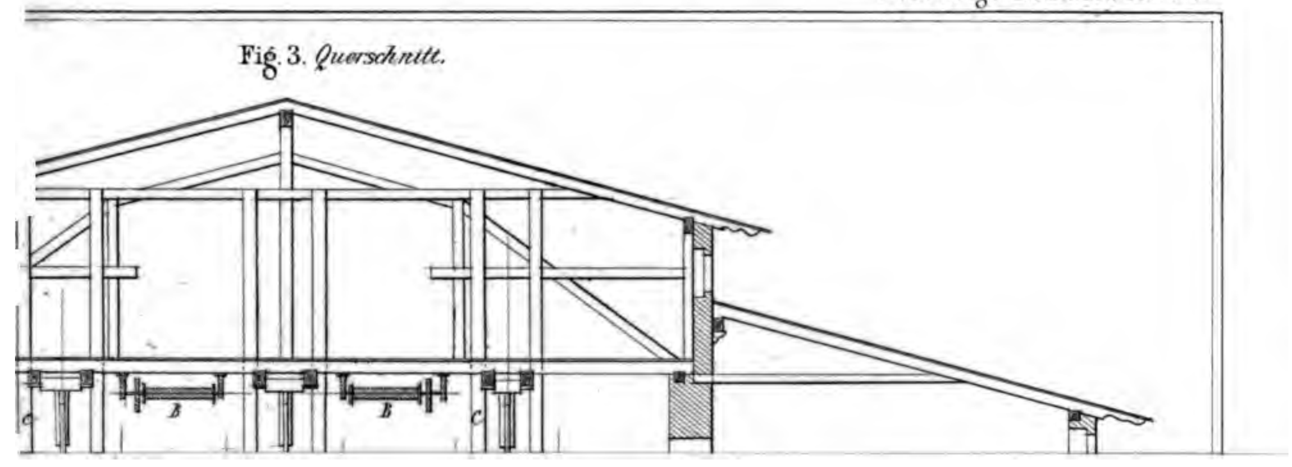


Fig. 3. *Querschnitt.*










THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.


THE NEW YORK
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

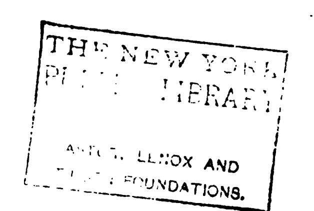
















THE NEW YORK
PUB
ASTOR
AND
TILDEN
TIONS


THE NEW YORK
PUBL RY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.






ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.








THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT
This book is under no circumstances to be taken from the Building

